

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE141599

**PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN MEMPERTIMBANGKAN
KONTINGENSI MENGGUNAKAN REKONFIGURASI JARINGAN
DAN PENENTUAN LOKASI DISTRIUTED GENERATION
DENGAN METODE *BINARY INTEGER PROGRAMMING* DAN
*GENETIC ALGORITHM***

Muhammad Taufik Akbar
NRP 2213 106 057

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
Dedet Candra Riawan, ST., M.Eng., Ph.D.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 141599

***IMPROVEMENT VOLTAGE PROFILE CONSIDER
CONTINGENCIES USING NETWORK RECONFIGURATION
AND DISTRIBUTED GENERATION PLACEMENT WITH
METHOD BINARY INTEGER PROGRAMMING AND GENETIC
ALGORITHM***

Muhammad Taufik Akbar
NRP 2213 106 057

Lecture Advisor
Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
Dedet Candra Riawan, ST., M.Eng., Ph.D.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

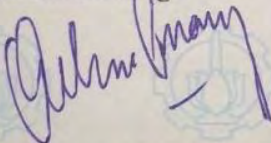
**PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN MEMPERTIMBANGKAN
KONTINGENSI MENGGUNAKAN REKONFIGURASI
JARINGAN DAN PENENTUAN LOKASI *DISTRIBUTED*
GENERATION DENGAN METODE *BINARY INTEGER*
PROGRAMMING DAN *GENETIC ALGORITHM***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

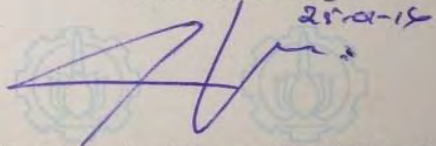
Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
NIP. 194907151974121001

Dosen Pembimbing II

 25-01-15

Dedet Candra Riawan, ST., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197311192000031001



Perbaikan Profil Tegangan Mempertimbangkan Kontingensi Menggunakan Rekonfigurasi Jaringan Dan Penentuan Lokasi Distributed Generation Dengan Metode *Binary Integer Programming* Dan *Genetic Algorithm*

ABSTRAK

Penggunaan tenaga listrik merupakan suatu kebutuhan hidup yang tidak dapat dipisahkan dalam menunjang segala aktivitas sehari-hari. Semakin meningkatnya perekonomian masyarakat maka semakin meningkat kebutuhan akan tenaga listrik. Hal ini menambah kemungkinan terjadinya kontingensi, kontingensi adalah suatu kejadian yang tidak diinginkan yang berupa beban lebih pada penyulang ataupun Tripnya penyulang. Permasalahan ini sangatlah merugikan konsumen bila terjadi terus menerus, kerugian yang dialami dapat mengurangi kualitas tegangan yang memiliki drop tegangan yang melebihi standart $\pm 5\%$.

Beberapa cara untuk mengatasi masalah akibat kontingensi yakni dengan melakukan rekonfigurasi jaringan dengan mengubah ON/OFF pada *Tie Switch* dan *Sectional Switch* menggunakan metode *binary integer programming* (BIP). Dari hasil pengujian setelah rekonfigurasi jaringan didapatkan nilai profil tegangan masih dibawah standart $\pm 5\%$ maka diperlukan pemasangan DG untuk memperbaiki profil tegangan. Pada pemasangan DG diggunakan metode *Genetics Algorithm* (GA) untuk menentukan lokasi DG yang optimal. Sehingga masalah akibat kontingensi dapat teratasi dan profil tegangan sesuai standart $\pm 5\%$.

Kata Kunci: *Distributed Generation, Genetics Algorithm, binary Integer Programming, Kontingensi, Rekonfigurasi Jaringan*

Improvement Voltage Profile Consider Contingencies Using Network Reconfiguration And Distributed Generation Placement With Method Binary Integer Programming and Genetic Algorithm

ABSTRACT

The use of electricity is a necessity of life that can not be separated in support of all activities of daily living. increasing public economy the increasing demand for power. This adds to the possibility of the occurrence of a contingency, contingency is an undesirable events which form more load on the feeder or feeders disconnected. This problem is very detrimental to consumers in the event of a continuous, losses can reduce the quality of the voltage that has a voltage drop that exceeds the standard $\pm 5\%$.

Some ways to overcome the problems resulting from the contingency to reconfigure the network by changing the ON / OFF Switch and Sectional Tie Switch using binary integer programming (BIP). From the test results after the reconfiguration of the network obtained the value of the voltage profile is still below the standard $\pm 5\%$ will require the installation of DG to improve the voltage profile. At DG band is used mounting methods Genetics Algorithm (GA) to determine the optimal location of DG. So that problems can be resolved due to contingency and voltage profile according to standard $\pm 5\%$.

Keywords: Distributed Generation, Genetics Algorithm, binary Integer Programming, contingency, Network Reconfiguration

KATA PENGANTAR

Puji syukur tak henti-hentinya penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Perbaikan Profil Tegangan Mempertimbangkan Kontingensi Menggunakan Rekonfigurasi Jaringan Dan Penentuan Lokasi *Distributed Generation* Dengan Metode *Binary Integer Programming* Dan *Genetic Algorithm*”** dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa selama proses penyusunan tugas akhir ini mengalami kendala-kendala, namun berkat nasihat, bimbingan, bantuan dari berbagai pihak dan berkah dari Allah SWT sehingga semua kendala yang ada dapat diatasi oleh penulis.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak, ibu dan seluruh keluarga yang selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan studi.
2. Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, PhD dan Dedet Candra Riawan ST., M.Eng., Ph.D. sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, motivasi, arahan dan saran-saran yang sangat berharga kepada penulis dalam menyusun tugas akhir.
3. Keluarga Lab. B103, Tim 4 serta keluarga besar LJ genap 2013.
4. Seluruh dosen yang telah memberikan ilmunya selama studi, karyawan, dan keluarga besar Jurusan Teknik Elektro ITS.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, khususnya bagi penulis pribadi dan umumnya bagi semua yang membacanya.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	
HALAMAN PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
1.7 Relevansi dan Manfaat	4
BAB II SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK DAN RUGI	
RUGI TEGANGAN	5
2.1 Sistem Jaringa Distribusi	5
2.2 Sistem Jaringan Distribusi Radial	6
2.3 Persamaan Aliran Daya	8
2.3.1 Drop Tegangan	9
2.4 Rekonfigurasi Jaringan	10
2.5 Distributed Generation	11
2.5.1 Tipe DG	12
2.6 Algoritma Genetika (AG)	13
2.6.1 Struktur Algoritma Genetika	13
2.6.2 Pengkodean Kromosom	15
2.6.3 Evaluasi Populasi	15
2.6.4 Seleksi pindah silang	16
2.6.4 Seleksi mutasi	16
2.6.4 Elitisme	16

2.7 Binary Integer Programming (BIP).....	17
BAB III SISTEM DISTRIBUSI 20 KV SURABAYA.....	19
3.1 Sistem Distribusi 20 KV di Surabaya	19
3.1.1 Penyulang Tunjungan.....	19
3.1.2 Penyulang Tegalsari	21
3.1.3 Penyulang Basuki Rahmat	23
3.1.4 Penyulang Kaliasin.....	27
3.1.5 Penyulang Ometraco	28
3.2 Permodelan Metode Binary Integer Programming (BIP)	30
3.3 Permodelan Metode Algoritma Genetika.....	32
3.3.1 Pembacaan kondisi awal.....	33
3.3.2 Pembakitan populasi awal	33
3.3.3 Pengkodean kromosom lokasi DG	33
3.3.4 Evaluasi fitness	35
BAB IV SIMULASI DAN ANALISA.....	37
4.1 Aliran daya penyulang Surabaya keadaan normal.....	37
4.2 Pada penyulang Tegalsari mengalami <i>overload</i>	42
4.2.1 Rekonfigurasi jaringan menggunakan BIP	44
4.2.2 Pemasangan DG menggunakan Algoritma Genetika	49
4.3 Penyulang Tunjungan mengalami <i>trip</i>	51
4.2.1 Pemasangan DG menggunakan Algoritma Genetika.....	56
BAB V PENUTUP	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	63
RIWAYAT PENULIS	69

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 2.1 Sistem jaringan distribusi tenaga listrik	5
Gambar 2.2 Lokasi distribusi primer dan distribusi sekunder	6
Gambar 2.3 Jaringan distribusi radial.....	7
Gambar 2.4 Single – line diagram feeder utama.....	8
Gambar 2.5 Rekonfigurasi Jaringan.....	10
Gambar 2.6 Tipe DG	12
Gambar 2.7 Ilustrasi pengkodean genetika Algoritma Genetika	15
Gambar 2.8 Pindah Silang	16
Gambar 2.9 Skema percabangan BIP.....	17
Gambar 3.1 <i>Single line diagram</i> penyulang Tunjungan.....	20
Gambar 3.2 <i>Single line diagram</i> penyulang Tegalsari.....	22
Gambar 3.3 <i>Single line diagram</i> penyulang Basuki Rahmat.....	25
Gambar 3.4 <i>Single line diagram</i> penyulang Kaliasin	27
Gambar 3.5 <i>Single line diagram</i> penyulang Ometraco	29
Gambar 3.6 Flowchar Rekonfigurasi BIP	31
Gambar 3.7 Flowchart GA	32
Gambar 3.8 Konfigurasi kromosom lokasi DG dan kapasitas DG.	34
Gambar 3.9 Dekode kromosom.	34
Gambar 4.1 <i>Single line Diagram</i> Tegalsari saat rekonfigurasi.....	44
Gambar 4.2 <i>Single line diagram</i> Tunjungan saat rekonfigurasi	45
Gambar 4.3 Grafik perbandingan profil tegangan	51
Gambar 4.4 <i>Single line diagram</i> rekonfigurasi Tunjungan dengan Tegalsari.	52
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan profil tegangan	58

DAFTAR TABEL

HALAMAN

Tabel 3.1	Data Impedansi Penyulang Tunjungan	19
Tabel 3.2	Data Beban Penyulang Tunjungan.....	21
Tabel 3.3	Data Impedansi Penyulang Tegalsari	21
Tabel 3.4	Data Beban Penyulang Tegalsari	23
Tabel 3.5	Data Impedansi Penyulang Basuki Rahmat.....	23
Tabel 3.6	Data Beban Penyulang Basuki Rahmat.....	26
Tabel 3.7	Data Impedansi Penyulang kaliasin	27
Tabel 3.8	Data Beban Penyulang Kaliasin.....	28
Tabel 3.9	Data Impedansi Penyulang Basuki Rahmat.....	28
Tabel 3.10	Data Beban Penyulang Ometraco	30
Tabel 4.1	Hasil Tegangan dan Arus Penyulang Tegalsari.....	38
Tabel 4.2	Hasil Tegangan dan Arus Penyulang Kaliasin	39
Tabel 4.3	Hasil Tegangan dan Arus Penyulang Tunjungan.....	39
Tabel 4.4	Hasil Tegangan dan Arus Penyulang Ometraco	40
Tabel 4.5	Hasil Tegangan dan Arus Penyulang Basuki Rahmat....	41
Tabel 4.6	Data beban pada penyulang Tegalsari <i>overload</i>	42
Tabel 4.7	Hasil Tegangan dan Arus setiap bus saat <i>overload</i>	43
Tabel 4.8	Hasil profil Tegangan dan Arus setiap bus Tegalsari	45
Tabel 4.9	Data Impedansi saluran setelah rekonfigurasi	46
Tabel 4.10	Data Beban setelah rekonfigurasi	47
Tabel 4.11	Hasil Profil tegangan dan arus saluran	47
Tabel 4.12	Lokasi Penempatan lokasi DG dan kapasitas DG	49
Tabel 4.13	Hasil profil tegangan saat pemasangan DG	49
Tabel 4.14	Data impedansi setelah rekonfigurasi.....	52
Tabel 4.15	Data beban setelah rekonfigurasi.	53
Tabel 4.16	Hasil profil tegangan dan arus setelah rekonfigurasi.	55
Tabel 4.17	Hasil simulasi penempatan lokasi dan kapasitas DG ...	56
Tabel 4.18	Hasil Simulasi Profil tegangan.....	56



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan tenaga listrik merupakan suatu kebutuhan hidup yang tidak dapat dipisahkan dalam menunjang segala aktivitas sehari-hari. Semakin meningkatnya perekonomian masyarakat maka semakin meningkat kebutuhan akan tenaga listrik. Hal ini menambah kemungkinan terjadinya kontingensi, kontingensi adalah suatu kejadian yang tidak diinginkan yang berupa beban lebih pada penyulang ataupun Tripnya penyulang. Permasalahan ini sangatlah merugikan konsumen bila terjadi terus menerus, kerugian yang dialami dapat mengurangi kualitas tegangan yang memiliki drop tegangan yang melebihi standar. Jika tegangan bus di bawah rating yang diwajibkan maka dapat merusak peralatan sistem tenaga yang bersangkutan.

Rekonfigurasi jaringan dan penempatan *distributed generation* (DG) untuk mengatasi masalah kontingensi di jaringan distribusi. Oleh sebab itu dalam tugas akhir ini bertujuan dapat memperbaiki profil tegangan pada jaringan distribusi akibat kontingensi. Metode Binary Integer programming digunakan untuk rekonfigurasi jaringan sebagai pengontrol switch-switch di setiap penyulang. Selain itu, penentuan penempatan DG menggunakan metode *genetika algoritma* (GA) dalam mencari nilai optimum. Namun pada tugas akhir ini tidak membahas rugi-rugi dalam jaringan distribusi tetapi mengenai memperbaiki profil tegangan pada jaringan distribusi.

Pada penelitian Tugas Akhir sebelumnya juga telah membahas tentang rekonfigurasi jaringan akibat kontingensi dengan metode yang sama untuk 3 fasa (tidak seimbang)[5]. Pada penelitian sebelumnya juga sudah ada yang membahas mengenai penempatan lokasi DG menggunakan metode *genetic algoritma*[6]. Pada tugas akhir ini belum ada yang membahas judul perbaikan profil tegangan mempertimbangkan kontingensi menggunakan rekonfigurasi dan penentuan lokasi DG dengan binary integer programming dan genetika algoritma. Pada penelitian ini sehingga diharapkan mendapatkan profil tegangan yang lebih baik ketika terjadi kontingensi dan digunakan jaringan distribusi radial 1 fasa (seimbang)..

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana Cara rekonfigurasi dengan metode BIP dan penentuan lokasi DG dengan metode GA akibat kontingensi.
2. Mengoptimalkan rekonfigurasi jaringan dan penentuan lokasi DG akibat kontingensi.
3. Cara memperbaiki profil tegangan hingga mencapai nilai standart.

1.3 Tujuan

Tujuan Tugas Akhir ini untuk mempelajari cara mengatasi kontingensi pada penyulang Surabaya dengan cara merekonfigurasi dengan menggunakan BIP(*binary Integer Programing*) dan Penentuan Lokasi DG menggunakan GA(*genetika algoritma*) yang optimal agar kualitas tegangan tetap terjaga.

1.4 Batasan Masalah

Karena ruang lingkup penelitian sangat luas, maka dalam penulisan tugas akhir, maka permasalahan ini akan dibatasi :

1. Dalam tugas akhir ini tidak membahas tentang metode aliran daya.
2. Simulasi menggunakan program Matlab 2012a.
3. Rekonfigurasi jaringan menggunakan metode BIP(Binary Integer Programming) dan Penentuan lokasi DG menggunakan GA(genetika algoritma).
4. Evaluasi yang dilakukan yaitu mengenai rekonfigurasi jaring dan penentuan lokasi distribusi di 5 penyulang di Surabaya 20KV 3 fasa seimbang untuk mengatasi kontingensi.
5. Kontingensi yang dimaksud adalah beban lebih pada penyulang dan penyulang terjadinya Trip.
6. Penambahan beban yang dianalisa hanya pada penyulang Tegal Sari dan Tripnya penyulang yang di analisa hanya pada penyulang Tunjungan .
7. Parameter yang digunakan hanya *magnitude* tegangan.

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini antara lain :

1. Studi Literatur
Studi literatur dilakukan dengan membaca paper, buku dan mempelajari kasus akibat kotingensi dalam jaringan distribusi. Disamping itu juga mempelajari metode BIP dan *GA(genetic Algorithm)* serta mempelajari Matlab.
2. Pengumpulan Data
Data yang didapat meliputi data beban dari jaringan distribusi Surabaya utara, dimana data tersebut digunakan sebagai inputan
3. Simulasi dan Analisa
Melakukan pengujian rekonfigurasi dan penentuan lokasi DG ke sistem distribusi akibat kontingensi. Melakukan analisa setelah rekonfigursi dan penentuan lokasi DG akibat kontingensi.
4. Penyusunan Laporan
Penyusunan laporan dilakukan untuk sebagai penggambaran kesimpulan dari tugas akhir ini. Kesimpulan tersebut merupakan jawaban dari permasalahan yang dianalisis. Selain itu juga akan diberikan saran sebagai masukan berkaitan dengan apa yang telah dilakukan.

1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan dalam Tugas Akhir ini terdiri atas lima bab dengan uraian sebagai berikut :

1. BAB 1 : Pendahuluan

Bab ini membahas tentang penjelasan mengenai masalah latar belakang, permasalahan, tujuan, metodologi, sistematika pembahasan, dan relevansi dan manfaat.

2. BAB 2 : Dasar Teori

Bab ini membahas tentang teori sistem distribusi, rekonfigurasi, distributed generation, metode *Binary Integer Programming* dan metode Algoritma Genetika yang digunakan sebagai dasar dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

3. BAB 3: Perancangan Sistem

Cara rekonfigurasi dan penentuan lokasi DG pada sistem distribusi 20 KV. Bab ini membahas tentang penerapan metode dari Binary Integer Programing dan *Genetic Algorithm* yang digunakan untuk rekonfigurasi dan penentuan lokasi DG.

4. BAB 4 : Simulasi dan Analisis

Bab ini membahas tentang hasil rekonfigurasi jaringan dengan metode *Binary Integer Programming* dan penentuan lokasi DG menggunakan metode algoritma genetika yang paling optimal untuk memperbaiki profil tegangan pada setiap bus.

5. BAB 5 : Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil analisa penyelesaian kasus kontingensi dengan merekonfigurasi jaringan dan penentuan lokasi DG pada penyulang Surabaya.

1.7 Relevansi dan Manfaat

Hasil yang diperoleh dari Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

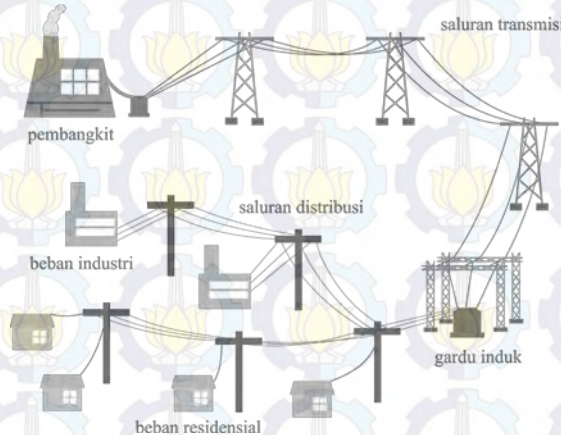
1. Didapatkan lokasi penempatan DG yang paling optimal pada sistem distribusi.
2. Dapat dijadikan sebagai acuan untuk menentukan rekonfigurasi jaring distribusi yang optimal.
3. Dapat dijadikan sebagai referensi bagi mahasiswa lain yang hendak mengambil masalah yang serupa untuk tugas akhir.
4. Dapat menjadi referensi penelitian untuk mengembangkan masalah akibat kontingensi pada jaringan distribusi dengan metode optimasi yang lebih handal.

BAB II

SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK DAN RUGI TEGANGAN

2.1 Sistem Jaringan Distribusi

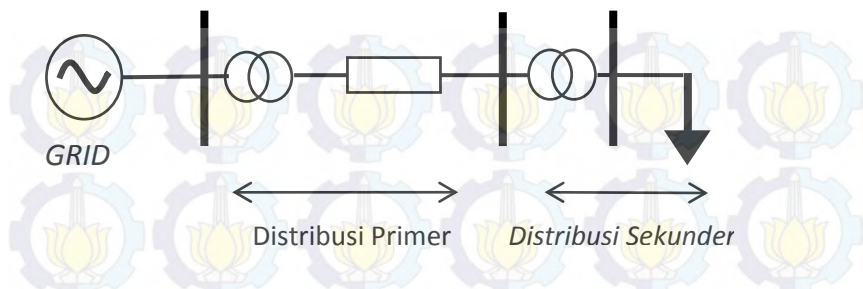
Dalam sistem tenaga listrik, Pada umumnya pusat-pusat pembangkit tenaga listrik berlokasi jauh dengan beban yaitu konsumen, seperti di pingir laut, di pegunungan dan tempat-tempat lain dimana sumber-sumber energi primer. Oleh sebab itu maka diperlukannya proses distribusi untuk menyalurkan energi listrik hingga sampai ke beban.



Gambar 2.1 Sistem jaringan distribusi tenaga listrik

Sistem Distribusi merupakan sistem penyaluran daya listriknya langsung terhubung dengan beban atau langsung ke pelanggan dalam suplai energi listrik. Dalam menyalurkan daya listrik sistem distribusi menggunakan jaringan radial atau yang disebut dengan penyulang distribusi. Jaringan distribusi dapat dibedakan menjadi 2 menurut posisi yang ditunjukkan pada gambar 2.2 :

1. Jaringan distribusi primer (jaringan distribusi Tegangan menengah).
2. Jaringan distribusi sekunder (jaringan distribusi tegangan rendah).



Gambar 2.2 Lokasi distribusi primer dan distribusi sekunder

Sistem Jaringan distribusi primer adalah bagian awal dari sistem distribusi yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik pada tegangan menengah. Lokasi jaringan tersebut terletak sebelum trafo distribusi. Jaringan tersebut menghubungkan antara sisi sekunder trafo gardu induk dengan sisi primer trafo distribusi. Nilai tegangan yang digunakan pada sistem distribusi primer adalah meliputi tegangan menengah 6 KV sampai 20 KV. Pada jaringan distribusi sekunder adalah bagian dari sistem tenaga listrik untuk menyalurkan tenaga listrik pada tegangan rendah 220V/380V. lokasi jaringan terletak setelah trafo distribusi. Jaringan distribusi sekunder menghubungkan sisi sekunder pada trafo distribusi dengan sisi konsumen. sistem jaringan yang digunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik, dapat menggunakan sistem 1 fasa dengan dua kawat maupun 3 fasa dengan empat kawat.

Jaringan distribusi juga bisa dibagi berdasarkan konfigurasi jaringan yaitu sistem jaringan distribusi radial, sistem jaringan distribusi loop dan sistem jaringan distribusi spindel. Pada tugas akhir ini, sistem yang digunakan adalah sistem distribusi radial.

2.2 Sistem Jaringan Distribusi Radial

Pada bentuk jaringan ini merupakan bentuk yang paling sederhana dan banyak digunakan. Hal ini disebabkan biaya untuk membentuk jaringan ini cukup murah. Jaringan ini dinamakan jaringan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik sumber dan dicabang – cabangkan ke titik beban. Sehingga jaringan distribusi radial ini seperti cabang pohon dengan jalur utama yang terhubung ke rangkaian yang

Gambar 2.3 Jaringan distribusi radial

Jaringan distribusi radial sumber berasal dari satu titik yang

Jaringan distribusi radial sumber berasal dari satu titik yang menuju percabangan menyebabkan perbedaan arus beban yang mengalir pada setiap saluran. Sehingga terjadi perbedaan luas penampang konduktor. Hal ini akan menyebabkan saluran yang lokasinya paling dekat dengan gardu induk memiliki luas penampang yang lebih besar dan saluran cabang-cabangnya semakin mendekati ujung maka luas penampang semakin kecil.

Pada konfigurasi gambar 2.2 memiliki kekurangan dalam hal kualitas pelayanan daya dan kontinuitas pelayanan kurang baik. Kualitas daya kurang baik disebabkan oleh tegangan dan rugi daya yang relatif besar. Hal yang mempengaruhi semakin buruknya kualitas daya adalah

7

besar nilai impedansi dan nilai arus yang melewati saluran. Konfigurasi ini memiliki kontinuitas yang kurang baik disebabkan hanya memiliki satu alternatif saluran sehingga saat saluran terjadi gangguan. Untuk mengatasi gangguan pada sistem distribusi radial ini biasanya dilengkapi peralatan pemangam yang berfungsi untuk membatasi daerah terjadinya pemadaman total, yaitu daerah saluran sesudah atau dibelakang titik gangguan selama gangguan belum teratasi.

2.3 Persamaan Aliran Daya



Gambar 2.4 Single – line diagram feeder utama

Pada Gambar diatas menggambarkan aliran daya dari sistem distribusi dan dapat dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$J_{k,k+1} = I_{k+1} + I_{k+2} \quad (2.1)$$

Dimana

$$I_k = \left(\frac{P_k + jQ_k}{V_k} \right)^* \quad (2.2)$$

Nilai arus J dari persamaan (1) didapat dengan membentuk matrik BIBC (Bus current Injection to Branch Current) yaitu,

$$[J] = [BIBC] * [I] \quad (2.3)$$

Dengan menerapkan menggunakan hukum tegangan Kirchhoff maka diperoleh persamaan,

$$V_{k+1} = V_k - J_{k,k+1} * (R_{k,k+1} + jX_{k,k+1}) \quad (2.4)$$

Rugi daya pada setiap saluran yang menghubungkan bus k ke bus k+1 dapat dinyatakan sebagai berikut

$$P_{loss(k,k+1)} = \frac{R_{k,k+1}}{|V_k|^2} (P_k^2 + Q_k^2) \quad (2.5)$$

Dari persamaan (5), total rugi daya dapat dihitung dengan cara menjumlahkan rugi daya pada setiap saluran sehingga didapatkan persamaan berikut

$$P_{T,loss} = \sum_{k=1}^n P_{loss(k,k+1)} \quad (2.6)$$

DG dihubungkan pada titik sebelum tegangan substation menengah melalui saluran impedansi $R_{k,k+1} + jX_{k,k+1}$. Besar daya yang diinjeksikan DG adalah:

$$S_i = (P_{DG} + jQ_{DG}) - (P_{load} + jQ_{load}) \quad (2.7)$$

2.3.1 Drop Tegangan

Berdasarkan beragam permasalahan yang terjadi pada sistem distribusi karena adanya beban dan impedansi saluran pada jaringan distribusi, menyebabkan adanya penurunan tegangan pada bus penyulang. Penurunan tegangan yang terlihat signifikan, karena pada saat terjadi beban puncak dimana beban yang disuplai akan bertambah besar. Berdasarkan SPLN, penurunan tegangan yang diizinkan sebesar 5% dari tegangan kerjanya. Dengan terjadinya drop tegangan antar bus satu dengan bus yang lain maka arus yang melewati penghubung kedua bus akan besar dan menyebabkan rugi daya yang besar. penyebab terjadinya drop tegangan karena pengawatan pada sistem yang kurang baik dan pembebanan berlebih pada sistem.

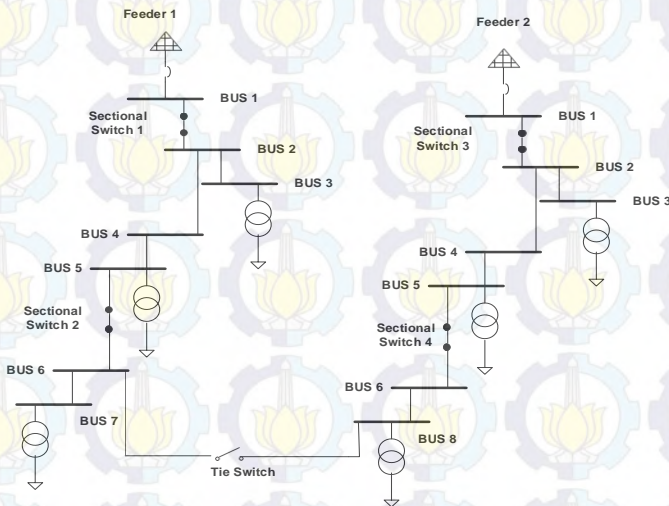
Persamaan Tegangan Setiap Bus :

$$V_{k+1} = V_k - J_{k,k+1} * (R_{k,k+1} + jX_{k,k+1}) \quad (2.8)$$

Dimana: V_{k+1} = Teganga setiap bus
 V_k = Tegangan Sumber
 $J_{k,k+1} * (R_{k,k+1} + jX_{k,k+1})$ = Drop tegangan Setiap Bus

2.4 Rekonfigurasi Jaringan

Rekonfigurasi dalam jaringan distribusi dilakukan untuk mengatasi masalah kualitas penyaluran energi listrik, Yang bertujuan untuk mengatasi setiap permasalahan yang ada di sistem tenaga listrik Apabila terjadi kendala maka perlu dilakukan suatu tindakan untuk mengatasi masalah tersebut. Kendala yang sering terjadi dalam jaringan distribusi dapat mengakibatkan kontinuitas penyaluran energi listrik terganggu karena daya listrik yang hilang cukup besar. Maka perlu melakukan mengatur ulang konfigurasi jaringan tersebut. Pada gambar 2.5 rekonfigurasi jaringan dengan adanya Tie Switch dan Sectional Switch.



Gambar 2.5 rekonfigurasi jaringan

Pada umumnya, rekonfigurasi jaringan merupakan permasalahan mengenai optimasi kombinatorial dimana kemungkinan kombinasi yang terbaik dengan mengatur *Tie Switch* dan *Sectional Switch* dengan

mengubah ON/OFF pada setiap penyulang yang bertujuan untuk memperbaiki profil tegangan bus dan mengurangi rugi daya. Hal ini juga dapat menurunkan kelebihan beban pada setiap penyulang dan mencegah terjadinya ketidakseimbangan beban. Konfigurasi ulang jaringan adalah cara yang efektif untuk meningkatkan kualitas daya dalam sistem dan meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik. Konfigurasi tersebut bervariasi dengan operasi switching manual atau otomatis sehingga semua beban dapat terlayani dan mengurangi daya yang hilang.

Tujuan umum dilakukan rekonfigurasi jaringan adalah untuk mengatasi masalah kontingensi pada sistem distribusi yang diakibatkan drop tegangan. Maka perlu dilakukan rekonfigurasi pada setiap penyulang jika mengalami kontingensi. Pada tugas akhir ini, rekonfigurasi yang dilakukan untuk mengatasi masalah kontingensi yang terjadi dengan menggunakan metode BIP (*binary Integer Programming*).

2.5 Distributed Generation

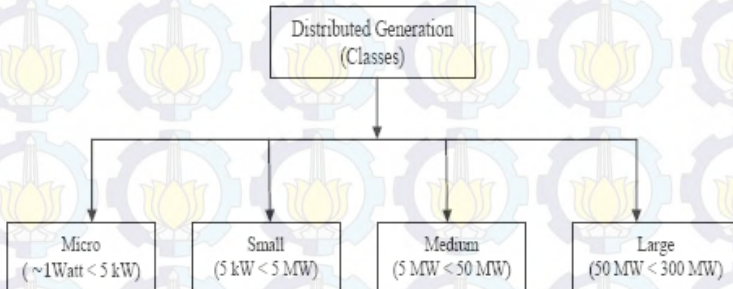
IEEE mendefinisikan Distributed generation sebagai pembangkitan yang menghasilkan energi dalam kapasitas yang lebih kecil dibandingkan pusat-pusat pembangkitan konvensional dan dapat dipasangkan hampir pada setiap titik sistem tenaga listrik. Distributed generation sering disebut juga dengan *on-site generation*, *dispersed generation*, *embedded generation*, *decentralized generation*, atau *distributed energy*. Disisi lain *International Council on Large Electricity System* (CIGRE) mendefinisikan *Distributed Generation* sebagai setiap unit pembangkit dengan kapasitas maksimum 50 MW sampai 100 MW yang biasanya terhubung ke jaringan distribusi. Selain itu, IEA (2002) mendefinisikan Distributed Generation Sebagai Unit-Unit yang menghasilkan energi pada sisi konsumen atau dalam jaringan distribusi local [6].

Semua definisi di atas menunjukkan bahwa pembangkitan dengan skala kecil yang dihubungkan ke jaringan distribusi dapat di anggap sebagai bagian dari DG, selain itu, pembangkitan yang dipasang dekat dengan sisi beban atau konsumen juga dapat dikatakan sebagai Distributed Generation. DG merupakan teknologi yang saat ini sedang dikembangkan di Indonesia, karena DG memiliki manfaat dalam penyaluran energi listrik. Penggunaan utama dari DG adalah untuk menyuplai energi listrik pada daerah terpencil. Sedangkan keuntungan lain dari penggunaan DG adalah dapat meningkatkan

keandalan dalam pemanfaatan daya ketika dipasang berada dekat dengan daerah beban.

2.5.1 Tipe DG

Secara umum DG dapat dibagi menjadi beberapa tipe berdasarkan kapasitasnya yaitu dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.6 Tipe DG

Keuntungan yang di dapat dari pemasangan DG di jaringan distribusi yaitu :

1. DG sebagai sumber local dapat membantu penghematan daya.
2. DG dapat memberikan keaandalan yang lebih tinggi dalam pemanfaatan daya.
3. Dalam memproduksi energy listrik, DG bersifat ramah lingkungan. Emisi yang dihasilkan dari produksi energinya tergolong rendah, bahkan mendekati nol.
4. Dibandingkan dengan power plant, DG memiliki efisiensi yang lebih tinggi dalam penyaluran daya. Selain itu, bila dikoneksikan pada jaringan distribusi, DG dapat meningkatkan efisiensi system karena DG membantu mengurangi rugi-rugi pada sistem.

Dalam hal ini, DG termasuk teknologi yang berkembang dan dapat beradaptasi dengan perubahan ekonomi dalam cara fleksibel karena ukuran pembangkitan skala kecil dan konstruksinya lebih sederhana dibandingkan dengan pusat-pusat pembangkit konvensional. Selain itu,

DG dapat meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik dan sebagian besar DG memang sangat fleksibel dalam beberapa hal seperti, operasi, ukuran dan kemajuan teknologi.

2.6 Algoritma Genetika(AG)

Algoritma genetika sebagai cabang dari algoritma evolusi merupakan metode adaptif yang biasa digunakan untuk memecahkan suatu pencarian nilai dalam sebuah masalah optimasi. Prinsip dasar sekaligus pencipta algoritma genetika adalah John Holland. Algoritma genetika menggunakan analogi secara langsung dari kebiasaan yang alami yaitu seleksi alam. Dalam algoritma genetika individu dilambangkan dengan sebuah nilai *fitness* yang digunakan untuk mencari solusi terbaik dari persoalan yang ada.

Pertahanan yang tinggi dari individu memberikan kesempatan untuk melakukan reproduksi melalui perkawinan silang dengan individu lain dalam populasi tersebut. Individu baru yang dihasilkan dalam hal ini dinamakan keturunan, yang membawa beberapa sifat dari induknya. Sedangkan individu dalam populasi yang tidak terseleksi dalam reproduksi akan mati dengan sendirinya. Dengan mengawinkan semakin banyak individu, maka akan semakin banyak kemungkinan yang dapat diperoleh.

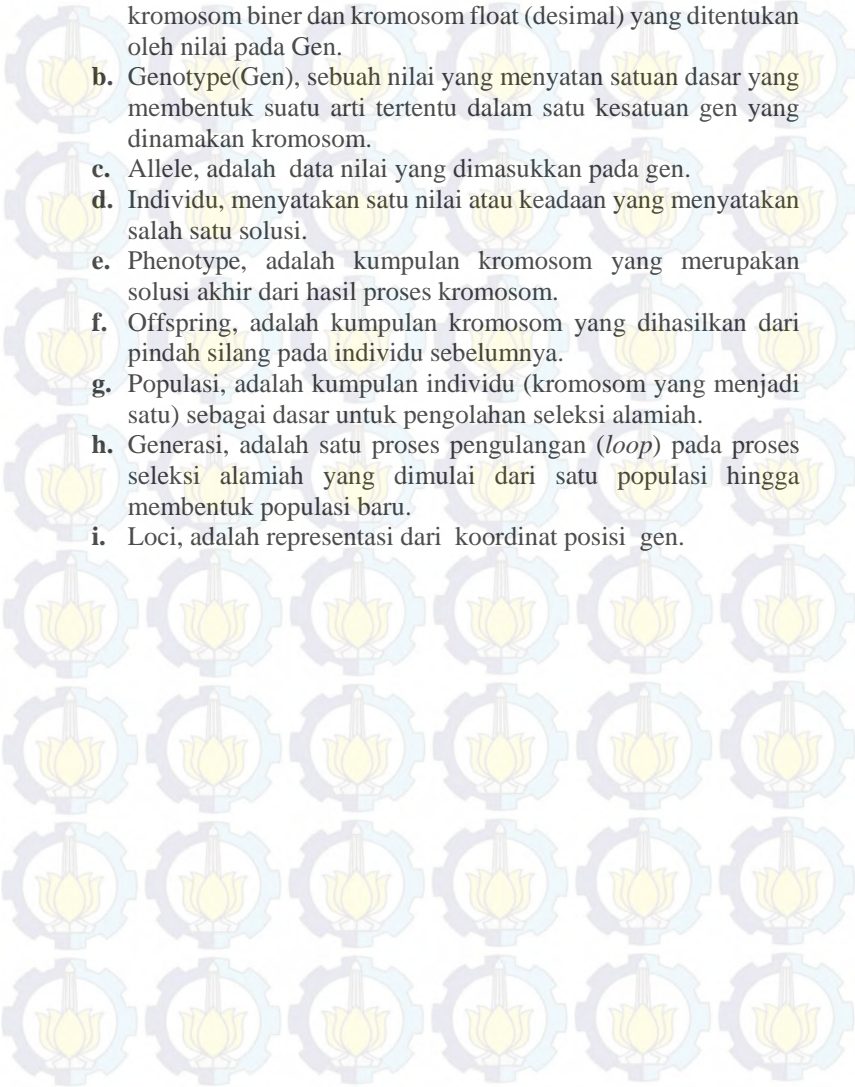
Sebelum algoritma genetika dapat dijalankan, maka sebuah kode yang sesuai untuk persoalan harus dirancang. Untuk ini maka titik solusi dalam ruang permasalahan dikodekan dalam bentuk kromosom/string yang terdiri atas komponen genetika terkecil yaitu gen. Dengan teori evolusi dan teori genetika, di dalam penerapan algoritma genetika akan melibatkan beberapa operator, yaitu :

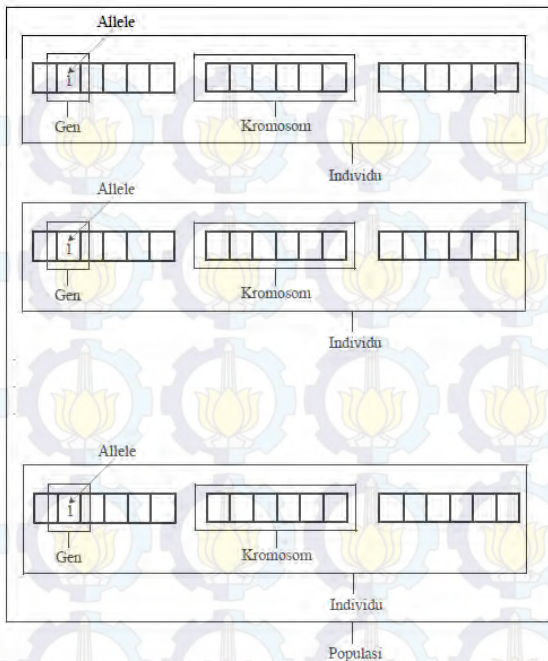
1. Operasi evolusi yang melibatkan proses seleksi
2. Operasi genetika yang melibatkan operator pindah silang (*crossover*) dan mutasi(*mutation*).

Untuk memeriksa hasil optimasi kita membutuhkan fungsi *fitness*, yang menandakan gambaran hasil solusi yang sudah dikodekan.

2.6.1 Struktur Algoritma Genetika

Beberapa definisi penting yang perlu diperhatikan di mendefinisikan individu untuk melakukan penyelesaian masalah dengan algoritma genetika :

- 
- a. Kromosom, adalah gabungan dari gen – gen yang membentuk nilai tertentu. Pemodelan kromosom sendiri dibedakan menjadi kromosom biner dan kromosom float (desimal) yang ditentukan oleh nilai pada Gen.
 - b. Genotype(Gen), sebuah nilai yang menyatakan satuan dasar yang membentuk suatu arti tertentu dalam satu kesatuan gen yang dinamakan kromosom.
 - c. Allele, adalah data nilai yang dimasukkan pada gen.
 - d. Individu, menyatakan satu nilai atau keadaan yang menyatakan salah satu solusi.
 - e. Phenotype, adalah kumpulan kromosom yang merupakan solusi akhir dari hasil proses kromosom.
 - f. Offspring, adalah kumpulan kromosom yang dihasilkan dari pindah silang pada individu sebelumnya.
 - g. Populasi, adalah kumpulan individu (kromosom yang menjadi satu) sebagai dasar untuk pengolahan seleksi alamiah.
 - h. Generasi, adalah satu proses pengulangan (*loop*) pada proses seleksi alamiah yang dimulai dari satu populasi hingga membentuk populasi baru.
 - i. Loci, adalah representasi dari koordinat posisi gen.



Gambar 2.7 Ilustrasi pengkodean Algoritma Genetika

2.6.2 Pengkodean Kromosom

Pengkodean kromosom dilakukan agar data informasi yang terdapat pada kromosom dapat diterjemahkan atau diterapkan pada system, Pengkodean dilakukan dengan mencocokkan pola kromosom yang timbul dengan database data yang nilai parameternya sudah ditentukan sebelumnya,

2.6.3 Evaluasi Populasi

Evaluasi populasi dilakukan agar mengetahui kualitas kromosom pada populasi yang telah terbentuk dalam bentuk nilai yang dinamakan fungsi "*fitness*", Fungsi *fitness* ini berisikan formulasi dari "Fungsi Objektif" yang merupakan representasi dari nilai deviasi tegangan, *Fitness* terbaik adalah *fitness* dengan nilai paling kecil,

Evaluasi populasi memproses kromosom berisikan data lokasi dan kapasitas pembangkitan yang telah diterapkan pada sistem distribusi surabaya,

2.6.4 Seleksi Pindah Silang

Komponen pindah silang digunakan untuk membentuk keturunan baru berdasarkan orangtua yang terpilih, Komponen ini sangat dominan dalam algoritma genetik dibandingkan dengan komponen mutasi, Dan jumlah kromosom yang digunakan sebanyak dua buah kromosom.



Gambar 2.8 Pindah Silang

2.6.5 Seleksi Mutasi

Mutasi diperlukan untuk mengembalikan informasi bit yang hilang akibat pindah silang, Mutase diterapkan dengan probabilitas yang sangat kecil, Jika mutase dilakukan terlalu sering, maka akan menghasilkan individu yang lemah karena konfigurasi gen pada individu yang unggul akan rusak

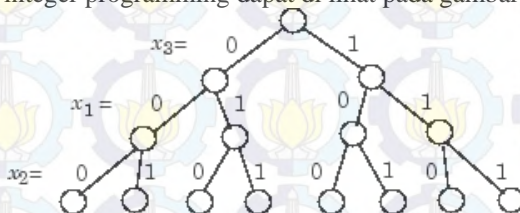
2.6.6 Elitisme

Karena seleksi dilakukan secara acak, maka tidak ada jaminan bahwa suatu kromosom bernilai *fitness* tertinggi akan selalu terpilih, Kalaupun individu bernilai *fitness* tertinggi terpilih, mungkin saja akan merusak karena proses pindah silang, Untuk menjaga agar kromosom bernilai *fitness* tertinggi tersebut tidak hilang selama proses seleksi, maka dibuat proses yang dikenal sebagai *elitisme* sebagai tempat untuk menyimpan kromosom yang bernilai *fitness* terbaik,

2.7 Binary integer programming (BIP)

Integer programming digunakan untuk permasalahan optimasi dengan beberapa atau semua variable keputusan bernilai bulat (integer). pada tugas akhir ini, digunakan metode binary integer programming dimana semua variable keputusan memiliki nilai berupa bilangan binary yaitu 0 atau 1. Dimana untuk memberikan nilai minimum suatu fungsi objektif yaitu rugi saluran. Konsep BIP mengkhususkan mempelajari pada algoritma branch and bound.

Pada algoritma *branching* ini akan melakukan proses pencarian dalam bentuk pohon atau cabang. Dimana pada tahap *branching* ini, semua dari variable x_j dan menambahkan batasan tersebut menjadi nilai biner $x_j=0$ untuk satu cabang dan $x_j=1$ untuk cabang lainnya. Proses pada metode ini dapat dimisalkan dengan *binary tree* (percabangan biner). Bentuk konsep binary integer programming dapat di lihat pada gambar 2.6



Gambar 2.9 Skema percabangan BIP

Setelah diperoleh permasalahan dari sub-sub tersebut, maka perlu mengetahui suatu *bound* atau batasan yang menunjukkan seberapa mungkin penyelesaian yang bagus sesuai dengan fungsinya. Dimana seiring bertambahnya cabang pada pencarian dalam *binary tree* (percabangan binary). Algoritma ini akan memperbarui mana batasan saat minimum serta saat batasan maksimum dari fungsi objektif tersebut. Dimana batasan tersebut menjadi alasan untuk memotong atau tidak meneruskan percabangan yang tidak diperlukan. Metode BIP pada tugas akhir ini, digunakan untuk rekonfigurasi jaringan distribusi radial yang mana distribusi radial juga dapat diasumsikan seperti pohon.



BAB III

SISTEM DISTRIBUSI 20 kV SURABAYA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai bagaimana perancangan sistem pada penyulang Surabaya untuk mengatasi masalah kontingensi dengan melakukan rekonfigurasi dengan metode BIP dan penentuan lokasi DG dengan metode algoritma genetika yang optimal.

3.1 Sistem Distribusi 20 kV di Surabaya .

Pada sistem distribusi Surabaya dalam tugas akhir ini menggunakan 5 penyulang(*fedder*) yaitu :

- a. GI Simpang
 - Penyulang Tunjungan
 - Penyulang Ometraco
- b. Gi Kupang
 - Penyulang Basuki Rahmat
 - Penyulang Kaliasin
 - Penyulang Tegal Sari

Sistem distribusi di kota Surabaya menggunakan sistem distribusi radial, dimana setiap bus disuplai oleh penyulang dengan tiga fasa penuh. Pada kondisi yang terjadi dilapangan setiap fasa tetap menyuplai kondisi beban yang tidak seimbang. Namun pada tugas akhir ini, hanya mensimulasikan dalam kondisi tiga fasa seimbang dan mengatasi masalah kontingensi yang mungkin terjadi di penyulang Surabaya.

Berikut ini adalah data dari *single line diagram* yang digunakan. Data yang digunakan ini adalah data sistem tiga fasa seimbang. Data tersebut terdiri dari data impedansi saluran, serta data beban.

3.1.1 Penyulang Tunjungan

Pada tabel 3.1 adalah data impedansi saluran udara pada penyulang Tunjungan.

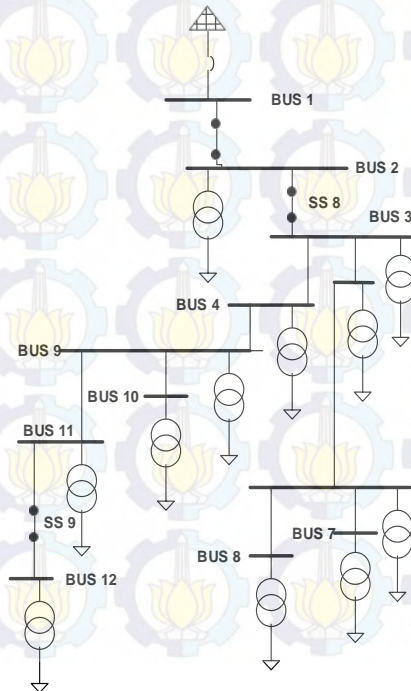
Tabel 3.1 Data Impedansi Penyulang Tunjungan

Bus Awal	Bus Akhir	Impedansi Saluran	
		Per-Fasa	
		R (ohm)	X (ohm)
1	2	0.265	0.13
2	3	0.265	0.13

Lanjutan Tabel 3.1

Bus Awal	Bus Akhir	Impedansi Saluran	
		Per-Fasa	
		R (ohm)	X (ohm)
3	4	0.265	0.13
3	5	0.265	0.13
5	6	0.265	0.13
6	7	0.265	0.13
4	8	0.265	0.13
4	9	0.53	0.26
9	10	0.265	0.13
9	11	0.265	0.13
11	12	0.265	0.13

Berikut ini single line diagram penyulang Tunjungan di lihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Single line diagram penyulang Tunjungan.

Pada tabel 3.2 adalah data beban 1 fasa seimbang penyulang Tunjungan.

Tabel 3.2 Data Beban Penyulang Tunjungan

No Bus	Beban Per-Fasa	
	P (MW)	Q (MVAR)
2	0.2387	0.0322
3	0.254	0.07
4	0.0612	0.0178
5	0.1	0.025
6	0.524	0.355
7	0.2099	0.0573
8	0.3393	0.0421
9	0.601	0.13
10	0.2304	0.2062
11	0.0691	0.0171
12	0.2951	0.2339

3.1.2 Penyulang TegalSari

Pada tabel 3.3 adalah data impedansi saluran udara pada penyulang Tegal sari.

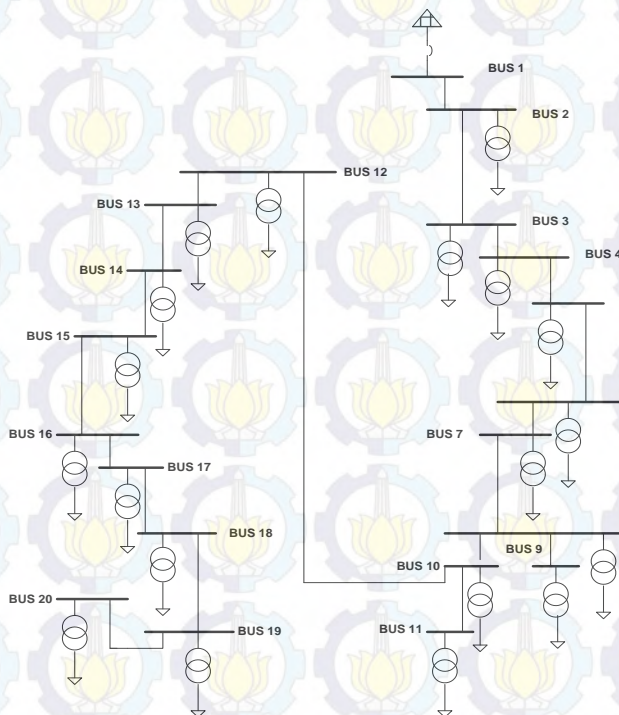
Tabel 3.3 Data Impedansi Penyulang TegalSari

Bus Awal	Bus Akhir	Impedansi Saluran	
		Per-Fasa	
		R (ohm)	X (ohm)
1	2	0.134	0.066
2	3	1.494	0.242
3	4	0.217	0.106
4	5	0.101	0.05
5	6	0.403	0.197
6	7	0.127	0.063
7	8	0.559	0.274
8	9	0.133	0.065
8	10	0.546	0.268
10	11	0.717	0.352
10	12	1.502	0.737
12	13	0.66	0.324

Lanjutan Tabel 3.3

Bus Awal	Bus Akhir	Impedansi Saluran	
		Per-Fasa	
		R (ohm)	X (ohm)
13	14	0.083	0.041
14	15	0.643	0.315
15	16	0.089	0.043
16	17	0.171	0.084
17	18	0.265	0.13
18	19	0.06	0.029
19	20	0.089	0.044

Berikut ini single line diagram penyulang Tegalsari di lihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Single line diagram penyulang Tegalsari

Pada tabel 3.4 adalah data beban 1 fasa seimbang penyulang Tegalsari.

Tabel 3.4 Data Beban Penyulang Tegal sari

No Bus	Beban Per-Fasa	
	P (MW)	Q (MVAR)
2	0.0317	0.0092
3	0.0337	0.0048
4	0.0256	0.0058
5	0.002	0.0002
6	0.0099	0.0014
7	0.0256	0.0042
8	0.0134	0.0038
9	0.0217	0.0079
10	0.0062	0.0012
11	0.108	0.0219
12	0.0236	0.0015
13	0.0218	0.0031
14	0.0096	0.0034
15	0.0297	0.0042
16	0.0211	0.0066
17	0.0333	0.0083
18	0.0012	0.0017
19	0.0524	0.0075
20	0.0095	0.0028

3.1.3 Penyulang Basuki rahmat

Pada tabel 3.5 adalah data beban 1 fasa seimbang penyulang basuki rahmat.

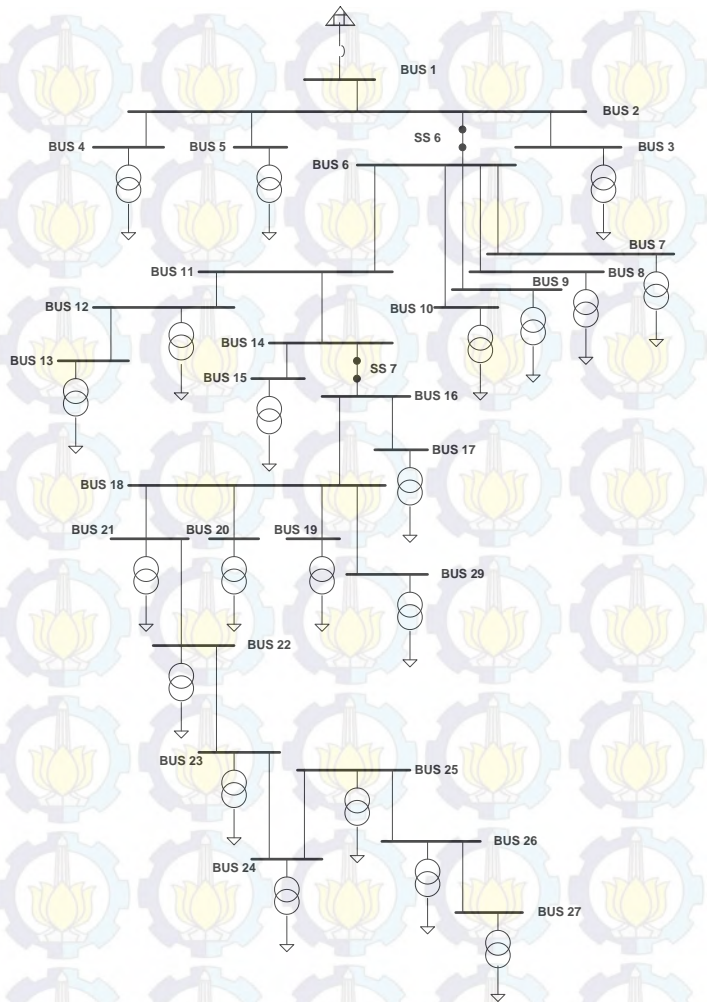
Tabel 3.5 Data Impedansi Penyulang Basuki Rahmat

Bus Awal	Bus Akhir	Impedansi Saluran	
		Per-Fasa	
		R (ohm)	X (ohm)
1	2	1.489	0.731
2	3	0.265	0.13
2	4	0.066	0.033

Lanjutan Tabel 3.5

Bus Awal	Bus Akhir	Impedansi Saluran	
		Per-Fasa	
		R (ohm)	X (ohm)
2	5	0.062	0.031
2	6	0.265	0.13
6	7	0.133	0.065
6	8	0.133	0.065
6	9	0.133	0.065
6	10	0.133	0.065
6	11	0.265	0.13
11	12	0.133	0.065
12	13	0.133	0.065
11	14	0.795	0.39
14	15	0.133	0.065
14	16	0.344	0.169
16	17	0.133	0.065
16	18	0.167	0.082
18	19	0.133	0.065
18	20	0.133	0.065
18	21	0.265	0.13
21	22	0.311	0.153
22	23	0.066	0.033
23	24	0.138	0.068
24	25	0.265	0.13
25	26	0.066	0.039
26	27	0.116	0.069
27	28	0.12	0.058
27	29	0.265	0.13

Berikut ini single line diagram penyulang Basuki Rahmat di lihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Single line diagram penyulang Basuki Rahmat

Pada tabel 3.6 adalah data beban 1 fasa seimbang penyalang basuki rahmat.

Tabel 3.6 Data Beban Penyalang Basuki Rahmat

No Bus	Beban Per-Fasa	
	P (MW)	Q (MVAR)
2	0	0
3	0.0951	0.0238
4	0.0099	0.0014
5	0.0128	0.0026
6	0	0
7	0.111	0.0158
8	0.198	0.0282
9	0.0216	0.0044
10	0.0088	0.0032
11	0	0
12	0.009	0.0018
13	0.151	0.0379
14	0	0
15	0.0021	0.0004
16	0	0
17	0.104	0.0148
18	0	0
19	0.0223	0.0056
20	0.0347	0.0049
21	0.0285	0.0094
22	0.0499	0.0071
23	0.0431	0.0088
24	0.0257	0.0037
25	0.0297	0.0042
26	0.0291	0.0041

Lanjutan Tabel 3.6

No Bus	Beban Per-Fasa	
	P (MW)	Q (MVAR)
27	0.0098	0.0014
28	0.0116	0.0029
29	0.0342	0.048

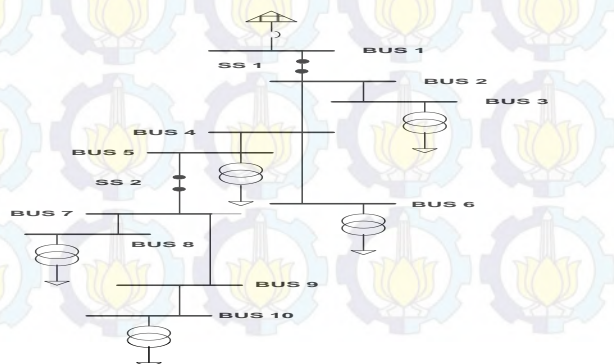
3.1.4 Penyulang Kaliasin

Pada tabel 3.7 adalah data beban 1 fasa seimbang penyulang kaliasin..

Tabel 3.7 Data Impedansi Penyulang kaliasin.

Bus Awal	Bus Akhir	Impedansi Saluran	
		Per-Fasa	
		R (ohm)	X (ohm)
1	2	2.65	1.3
2	3	0.053	0.026
2	4	0.663	0.333
4	5	0.103	0.051
4	6	0.105	0.052
5	7	0.138	0.068
7	8	0.61	0.299
7	9	0.14	0.069
9	10	0.53	0.53

Berikut ini single line diagram penyulang Kaliasin di lihat pada gambar 3.4



Gambar 3.4 Single line diagram penyulang Kaliasin.

Pada tabel 3.8 adalah data beban 1 fasa seimbang penyulang kaliasin.

Tabel 3.8 Data Beban Penyulang Kaliasin

No Bus	Beban Per-Fasa	
	P (MW)	Q (MVAR)
2	0	0
3	0.399	0.241
4	0	0
5	0.517	0.324
6	0.229	0.153
7	0	0
8	0.424	0.249
9	0	0
10	0.109	0.0272

3.1.5 Penyulang Ometraco

Pada tabel 3.9 adalah data beban 1 fasa seimbang penyulang Ometraco.

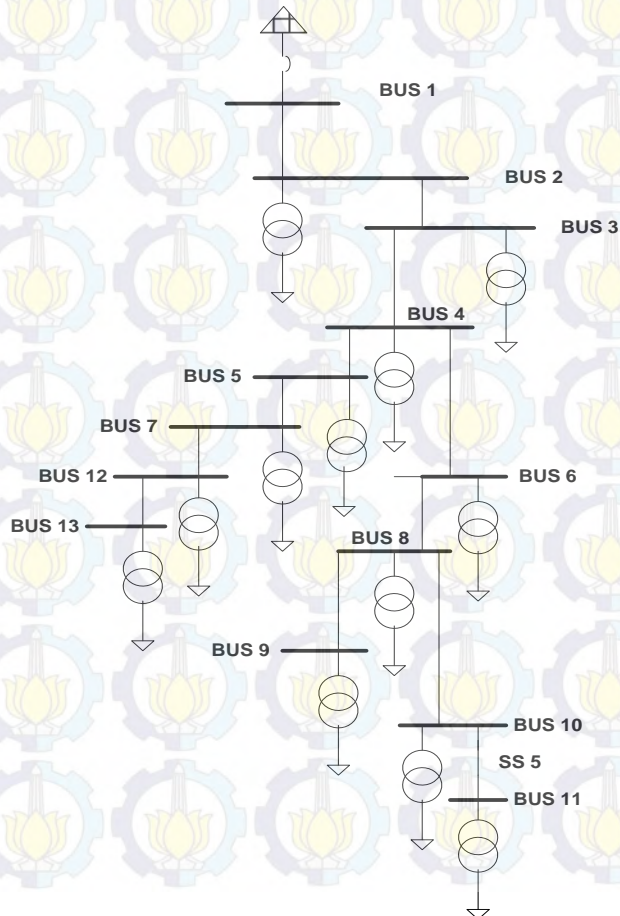
Tabel 3.9 Data Impedansi Penyulang Basuki Rahmat

Bus Awal	Bus Akhir	Impedansi Saluran Per-Fasa	
		R (ohm)	X (ohm)
1	2	1	0.491
2	3	0.265	0.13
3	4	0.048	0.234
4	5	0.265	0.13
4	6	0.286	0.14
5	7	0.265	0.13
6	8	0.265	0.13
8	9	0.265	0.13
8	10	0.265	0.13
10	11	0.265	0.13

Lanjutan Tabel 3.9

Bus Awal	Bus Akhir	Impedansi Saluran	
		Per-Fasa	
		R (ohm)	X (ohm)
7	12	0.265	0.13
12	13	0.265	0.13

Berikut ini single line diagram penyulang Ometraco di lihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Single line diagram penyulang Ometraco

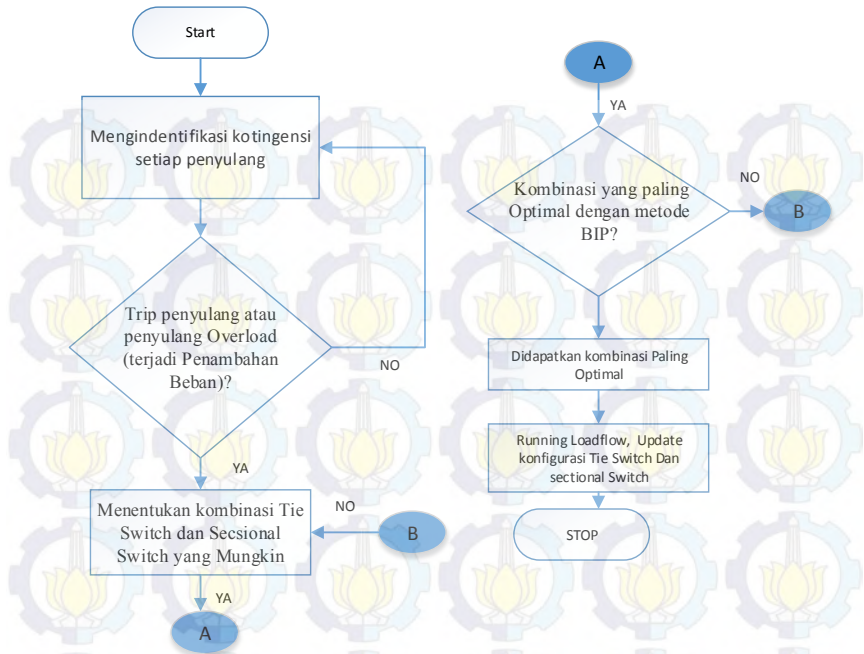
Pada tabel 3.10 adalah data beban 1 fasa seimbang penyulang kaliasin.

Tabel 3.10 Data Beban Penyulang Ometraco

No Bus	Beban Per-Fasa	
	P (MW)	Q (MVAR)
2	0.0807	0.0197
3	0.0225	0.0046
4	0.599	0.0197
5	0.026	0.0043
6	0.0411	0.0077
7	0.57	0.108
8	0.354	0.072
9	0.686	0.185
10	0.0497	0.0092
11	0.3287	0.0948
12	0.121	0.0203
13	0.1209	0.0257

3.2 Permodelan Metode *Binary Integer Programming* (BIP)

Metode BIP digunakan untuk rekonfigurasi jaringan agar dapat mengatasi masalah akibat kontingens tersebut. Metode ini dipilih karena merupakan metode yang dinilai sederhana dalam menentukan nilai optimal karena menggunakan nilai 0 atau 1 dalam optimasinya. Adapun permodelan sistem dapat dilihat pada Flowchart gambar 3.6



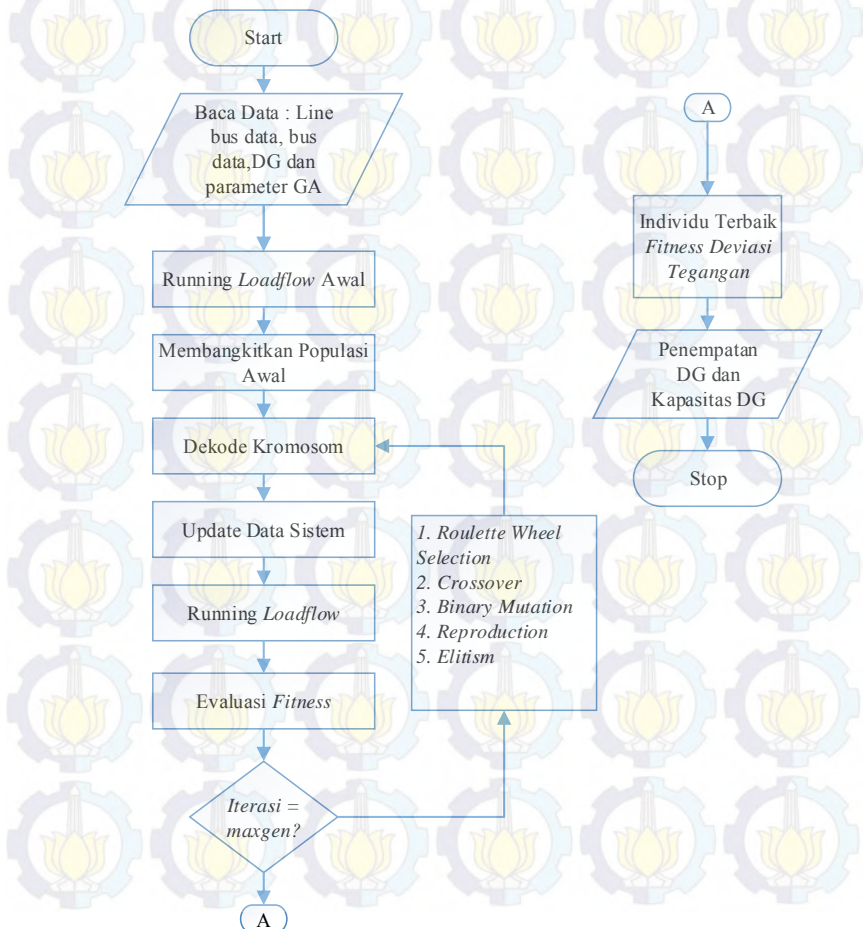
Gambar 3.6 Flowchart Rekonfigurasi BIP

Untuk mensimulasikan rekonfigurasi penyulang akibat kontingensi diperlukan mengidentifikasi terlebih dahulu sistem distribusi yang sedang terjadi kontingensi. Dimana kontingensi yang di analisa disini akibat penambahan beban dan tripnya penyulang . Untuk mensimulasikan program tersebut digunakan program matlab dan program *load flow* sebagai program utama untuk mengetahui aliran daya pada setiap penyulang dalam keadaan kontingensi. Dengan BIP dapat mengetahui kombinasi mana yang mungkin dapat mengatasi masalah akibat kontingensi. Dalam kombinasi ini dipilih fungsi objektif rugi-rugi daya total yang paling kecil maka akan dipilih kombinasi tersebut. Dimana metode BIP akan mencari kombinasi yang paling optimal. Fungsi objektif untuk total rugi –rugi daya yaitu:

$$P_{T, Loss}^C = \sum_{k=1}^{nb} P_{Loss}^C(k, k + 1) \quad (3.1)$$

3.3 Permodelan Metode Algoritma Genetika

Algoritma genetika pada sistem digunakan untuk mendapatkan sistem yang diinginkan tanpa harus mencoba semua kemungkinan secara manual. Pada prosesnya algoritma genetika dilakukan dengan pindah silang(crossover) dan mutate(mutasi) yang nanti akan dievaluasi sesuai dengan batasan (constrain) dan fungsi objektif.ada pun permodelan sistem dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 3.7 Flowchart GA

3.3.1 Pembacaan kondisi awal

Pada proses ini dilakukan pembacaan awal berupa line data, data beban dan bus data profil tegangan pada setiap bus sebelum menentukan lokasi DG. Pembacaan data dilakukan dengan menggunakan proses *running loadflow* di dalamnya. Pembacaan *loadflow* dilakukan untuk mengetahui kondisi awal dari sistem dan digunakan untuk data sebagai *constrain* (batasan) dalam menentukan nilai fitness yaitu deviasi tegangan yang paling minimal untuk memperbaiki profil tegangan.

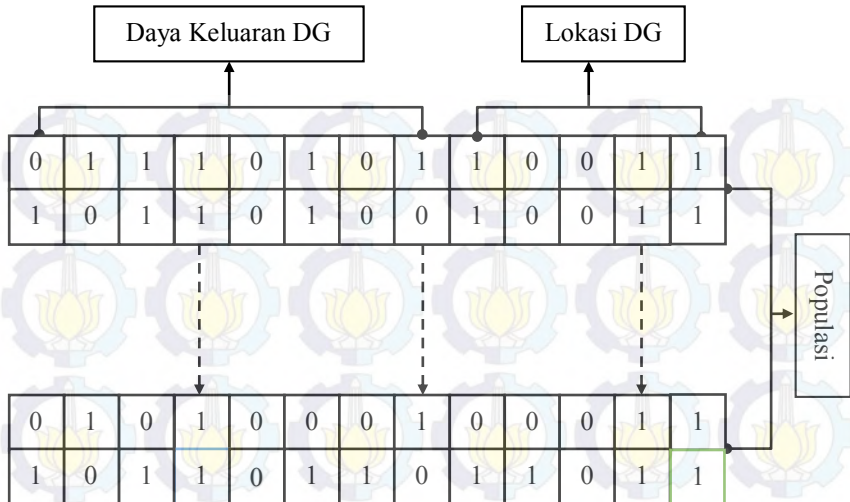
3.3.2 Pembangkitan Populasi Awal

Pembangkitan populasi awal dibutuhkan sebagai nilai parameter yang digunakan dalam algoritma genetika. Pada proses ini hanya terdapat 1 jenis pengkodean kromosom yaitu pengkodean penentuan lokasi DG. Adapun parameter yang ditentukan saat pembangkitan populasi awal yaitu:

- a. Jumlah DG.
Jumlah distributed generation (DG) yang akan dipasang pada sistem dengan menentukan nilainya secara manual.
- b. Ukuran populasi
Ukuran populasi merupakan kumpulan dari kromosom yang berisi data lokasi dan kapasitas dari DG yang di optimalkan.
- c. Jumlah Generasi
Jumlah generasi merupakan kumpulan kromosom yang terbaik dari setiap populasi akan melakukan proses seleksi sebelumnya.
- d. Kapasitas P
Berisi Nilai maksimum dari kapasitas DG yang akan di pasang pada sistem, nilai yang dipasang berupa daya aktif P(MW).

3.3.3 Pengkodean Kromosom Lokasi DG

Pengkodean Kromosom dilakukan untuk data informasi yang akan diterapkan pada sistem. Pengkodean kromosom untuk lokasi DG dibagi menjadi 2 yaitu keluaran daya aktif DG dan penentuan lokasi DG, untuk 1 buah DG diperlukan 13 gen dimana jumlah banyak bit berupa nilai biner. Kromosom di bagi menjadi 2 bagian bit yaitu 8 bit dikodekan untuk keluaran daya aktif DG dan 5 bit digunakan untuk pengkodean penentuan lokasi DG.



3.8 Gambar Konfigurasi kromosom lokasi DG dan kapasitas DG

Kromosom kromosom ini akan digabungkan menjadi satu individu dalam algoritma genetika. Daya yang dikeluarkan oleh DG hanya menyuplai daya nyata pada tugas akhir ini. Dengan pengkodean gambar 3.9 data kromosom dalam biner harus dikodekan menjadi bentuk angka agar lebih mudah dijadikan input dari *loadflow* dan akan dilakukan evaluasi fitness.

$$\text{Kromosom Kapasitas 1 DG} = 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0$$

$$\text{Solusi} = [\ 0.9 \]$$

$$\text{Kromosom Lokasi 1 DG} = 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1$$

$$\text{Solusi} = [\ 23 \]$$

Gambar 3.9 Dekode kromosom

Dari pengkodean di atas merupakan hasil dari decode kromosom 1 buah DG dimana penentuan lokasi DG dipasang di bus 23 dan memiliki kapasitas 0.9 MW daya keluarannya. Data ini akan dimasukkan ke dalam bus data yang lama untuk memperbarui data yang lama kemudian dilakukan evaluasi fitness deviasi tegangan.

3.3.4 Evaluasi Fitness

Evaluasi fitness merupakan proses yang paling menentukan dalam pengambilan nilai optimasi. Pada tahap ini hasil perubahan data bus yang berdasarkan daya DG akan memberikan evaluasi apakah hasil ini memenuhi batasan yang diterima atau tidak.

Pada tugas akhir ini untuk memperbaiki profil tegangan digunakan fungsi fitness meminimalkan nilai deviasi tegangan bus sistem sehingga tiap bus sistem berada pada nilai “optimal” dengan perhitungan fungsi objektifnya:

$$f_{obj} = \max - \left(\frac{V_{base} - V_i}{V_{base}} \right) \quad (3.2)$$

Dimana “i” merupakan dari nomor bus dan V_{base} merupakan nilai tegangan pada sistem yang bernilai 20KV. Hasil yang diharapkan dari fungsi objektif adalah nilai yang mendekati 0(pu). Yang menandakan nilai pada setiap bus tidak mengalami drop tegangan. Untuk nilai fungsi objektif negative menunjukan sistem mengalami drop tegangan.

Batasan-batasan (*constraint*) adalah persyaratan yang tidak boleh dilanggar dalam membuat suatu optimasi aliran daya. Pada tugas akhir ini optimasi aliran daya memanfaatkan pemasangan kapasitor pada suatu sistem jaringan disitribusi. Batasan- batasan ini digunakan untuk membantu dalam mendapatkan suatu hasil yang paling optimal. Jika batasan-batasan ini di langgar maka hasil yang didapat bukan dikatakan suatu hasil yang optimal. Terdapat beberapa batasan-batasan yaitu :

a. *Constarint* Tegangan

Batasan tegangan pada setiap bus dimana selisih tegangan setiap bus dengan tegangan awal yaitu 20kV tidak boleh melebihi 5% agar tegangan yang diharapkan tidak terjadi under voltage dan overvoltage yaitu

$$0,95 \text{ p.u} \leq V \leq 1,05 \text{ p.u} \quad (3.3)$$

Dimana 0.95 p.u merupakan batas bawah tegangan dan 1,05 p.u adalah batas atas tegangan. Atau pada tugas akhir ini karena menggunakan tegangan 20 kV, maka batas bawah yakni 20 kV dan batas atas yakni 19 kV.

b. Batasan kapasitas DG

Batasan yang diberikan pada penempatan DG adalah batasan daya keluaran DG. Daya keluaran DG tidak boleh melebihi jumlah beban nyata. Disamping itu pembatasan kapasitas DG juga harus diperhatikan. Batasan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$P_{k,min}^{DG} \leq P_k^{DG} \leq P_{k,max}^{DG} \quad (3.4)$$

BAB IV

SIMULASI DAN ANALISA

Pada bab tugas akhir ini, akan membahas sistem distribusi pada penyulang Surabaya saat terjadinya kontingensi. Kontingensi yang dianalisis adalah penambahan beban pada penyulang sistem mengalami overload sehingga arus melebihi 400A dan tegangan menjadi turun dibawah standart $\pm 5\%$ dan pada penyulang mengalami trip sehingga terjadi pemadaman pada penyulang. Dimana penelitian ini hanya memperbaiki profil tegangan pada setiap bus yang disebabkan karena terjadinya kontingensi. Yang mana pada tugas akhir ini hanya di ambil nilai profil tegangan setiap bus pada penyulang, maka simulasi dan analisa dibagi menjadi beberapa Skenario kasus :

1. Aliran daya penyulang Surabaya pada keadaan normal.
2. Pada penyulang Tegalsari mengalami *Overload*
3. Pada penyulang Tunjungan mengalami Trip

Pada Tugas akhir ini hanya menganalisa 5 penyulang sistem distribusi 20kV di Surabaya yaitu,

- a. GI Simpang
 - Penyulang Tunjungan
 - Penyulang Ometraco
- b. GI Kupang
 - Penyulang Basuki Rahmat
 - Penyulang Kaliasin
 - Penyulang Tegalsari

4.1 Aliran daya penyulang Surabaya pada keadaan normal

Hasil simulasi aliran daya saat normal dilakukan untuk mengetahui kondisi dari sistem seperti nilai profil tegangan setiap bus dan arus setiap bus. Yang perlu dibutuhkan untuk simulasi di matlab hanya data saluran dan data beban. Bahwa sistem yang di analisis masih dalam keadaan optimal. Adapun hasil running *loadflow* sebagai berikut:

Hasil running profil tegangan bus pada penyulang Tegalsari :

4.1 Tabel Hasil tegangan dan arus penyulang Tegalsari

Bus	Tegangan		Dari Bus	Ke Bus	Arus	
	Mag (kV)	Sudut			A	Sudut
1	20	0	1	2	24.61	-11.74
2	19.9964	-0.0026	2	3	22.96	-11.42
3	19.9617	0.0012	3	4	21.26	-11.69
4	19.9567	-0.0024	4	5	19.94	-11.62
5	19.9546	-0.0041	5	6	19.84	-11.65
6	19.9459	-0.0104	6	7	19.34	-11.74
7	19.9433	-0.0124	7	8	18.04	-11.91
8	19.9324	-0.0203	8	9	1.16	-20.02
9	19.9322	-0.0204	8	10	16.2	-11.16
10	19.9229	-0.0277	10	11	5.53	-11.49
11	19.9186	-0.0309	10	12	10.35	-10.99
12	19.9062	-0.0407	12	13	9.17	-11.94
13	19.8996	-0.0455	13	14	8.07	-12.46
14	19.8989	-0.046	14	15	7.56	-11.98
15	19.8937	-0.0498	15	16	6.06	-12.95
16	19.8931	-0.0502	16	17	4.95	-11.94
17	19.8922	-0.0509	17	18	3.23	-10.82
18	19.8912	-0.0516	18	19	3.15	-9.5
19	19.891	-0.0518	19	20	0.5	-16.47
20	19.891	-0.0518				

Dari tabel 4.1 di atas merupakan hasil data profil tegangan setiap bus. Pada setiap penyulang Tegalsari masih dalam keadaan standart tegangan yakni $20 < \text{Tegangan} < 19$ atau $\pm 5\%$ dan arus yang mengalir masih dalam standar yang ditentukan yaitu ($< 400\text{A}$) Sehingga sistem dalam keadaan optimal.

Hasil running profil tegangan setiap bus pada penyulang

Kaliasin :

Tabel 4.2 hasil tegangan dan arus penyulang Kaliasin

Bus	Tegangan		Dari Bus	Ke bus	Arus	
	Mag (kV)	Sudut			A	Sudut
1	20	0	1	2	102.88	-29.42
2	19.6968	0.0506	2	3	23.67	-31.08
3	19.6954	0.051	2	4	79.23	-28.92
4	19.6381	0.0575	4	5	65.26	-27.89
5	19.6306	0.0581	4	6	14.03	-33.69
6	19.6365	0.0581	5	7	34.33	-24.16
7	19.6253	0.0576	7	8	25.08	-30.36
8	19.6083	0.0613	7	9	9.78	-8.1
9	19.6239	0.0562	9	10	9.78	-8.1
10	19.6184	0.051				

Dari tabel 4.2 di atas merupakan hasil data profil tegangan setiap bus. Pada setiap penyulang kaliasin masih dalam keadaan standart tegangan yakni $20 < \text{Tegangan} < 19$ atau $\pm 5\%$ dan arus yang mengalir masih dalam standar yang ditentukan yaitu ($< 400\text{A}$) Sehingga sistem dalam keadaan optimal.

Hasil running profil tegangan setiap bus pada penyulang

Tunjungan :

Tabel 4.3 hasil tegangan dan arus penyulang Tunjungan

Bus	Tegangan		Dari Bus	Ke bus	Arus	
	Mag (kV)	Sudut			A	Sudut
1	20	0	1	2	158.73	-22.12
2	19.9533	-0.0094	2	3	147.07	-23.29
3	19.9099	-0.0156	3	4	86.77	-22.1
4	19.8844	-0.0208	3	5	47.35	-27.69
5	19.8959	-0.0145	5	6	42.34	-29.34
6	19.8835	-0.0125	6	7	10.94	-15.28
7	19.8803	-0.0143	4	8	17.2	-7.1
8	19.8796	-0.0256	4	9	67.14	-26.18
9	19.8447	-0.0208	9	10	15.58	-41.84

Lanjutan Tabel 4.3

Bus	Tegangan		Dari Bus	Ke bus	Arus	
	Mag (kV)	Sudut			A	Sudut
10	19.8403	-0.0172	9	11	22.3	-34.59
11	19.8382	-0.018	11	12	18.99	-38.42
12	19.8327	-0.0145				

Dari tabel 4.3 di atas merupakan hasil data profil tegangan setiap bus. Pada setiap penyulang Tunjungan masih dalam keadaan standart tegangan yakni $20 < \text{Tegangan} < 19$ atau $\pm 5\%$ dan arus yang mengalir masih dalam standar yang ditentukan yaitu ($< 400\text{A}$) Sehingga sistem dalam keadaan optimal.

Hasil running profil tegangan setiap bus pada penyulang Ometraco :

Tabel 4.4 Hasil tegangan dan arus penyulang Ometraco

Bus	Tegangan		Dari Bus	Ke bus	Arus	
	Mag (kV)	Sudut			A	Sudut
1	20	0	1	2	154.63	-11.06
2	19.8337	-0.1296	2	3	150.45	-10.98
3	19.7909	-0.1635	3	4	149.29	-10.97
4	19.7773	-0.259	4	5	43.17	-10.98
5	19.765	-0.2688	4	6	76.32	-14.47
6	19.7535	-0.2735	5	7	41.84	-11.02
7	19.7531	-0.2783	6	8	74.2	-14.57
8	19.7321	-0.2865	8	9	36.03	-15.38
9	19.7217	-0.2924	8	10	19.9	-15.66
10	19.7263	-0.2897	10	11	17.35	-16.38
11	19.7213	-0.2923	7	12	12.47	-11.05
12	19.7496	-0.2811	12	13	6.26	-12.28
13	19.7478	-0.2824				

Dari tabel 4.4 di atas merupakan hasil data profil tegangan setiap bus. Pada setiap penyulang Ometraco masih dalam keadaan standart tegangan yakni $20 < \text{Tegangan} < 19$ atau $\pm 5\%$ dan arus yang mengalir masih

dalam standar yang ditentukan yaitu ($<400A$) Sehingga sistem dalam keadaan optimal.

Hasil running profil tegangan setiap bus pada penyulang Basuki Rahmat :

Tabel 4.5 hasil tegangan dan arus penyulang Basuki Rahmat

Bus	Tegangan		Dari Bus	Ke bus	Arus	
	Mag (kV)	Sudut			A	Sudut
1	20	0	1	2	121.1	-27.53
2	19.7992	0.0141	2	3	4.95	-14.04
3	19.7978	0.0132	2	4	1.16	-29.79
4	19.7991	0.0141	2	5	0.66	-11.47
5	19.7991	0.014	2	6	114.5	-28.18
6	19.7654	0.0176	6	7	5.67	-8.08
7	19.7646	0.0168	6	8	10.12	-8.09
8	19.764	0.0162	6	9	1.12	-11.5
9	19.7652	0.0175	6	10	40.13	-42.12
10	19.7597	0.0224	6	11	59.78	-24.42
11	19.7478	0.0161	11	12	18.37	-36.92
12	19.7451	0.0176	11	13	7.88	-14.07
13	19.7466	0.0154	11	14	34.19	-20.13
14	19.7177	0.0069	14	15	1.08	-10.78
15	19.7175	0.0068	14	16	33.12	-20.43
16	19.705	0.0032	16	17	5.33	-8.1
17	19.7043	0.0025	16	18	27.93	-22.77
18	19.6998	0.0023	18	19	1.17	-14.09
19	19.6997	0.0022	18	20	1.78	-8.04
20	19.6996	0.0021	18	21	25.06	-24.21
21	19.6924	0.0016	21	22	23.55	-24.59
22	19.6843	0.0009	22	23	21.11	-26.56
23	19.6827	0.0009	23	24	18.96	-28.32
24	19.6798	0.0012	24	25	17.72	-29.78
25	19.6746	0.0022	25	26	16.32	-31.77
26	19.6733	0.0023	26	27	14.96	-34.07
27	19.6713	0.0026	27	28	0.61	-14.03
28	19.6713	0.0026	27	29	3	-54.53
29	19.6706	0.0039				

Dari tabel 4.5 di atas merupakan hasil data profil tegangan setiap bus. Pada setiap penyulang Ometraco masih dalam keadaan standart tegangan yakni $20 < \text{Tegangan} < 19$ atau $\pm 5\%$ dan arus yang mengalir masih dalam standar yang ditentukan yaitu ($< 400\text{A}$) Sehingga system dalam keadaan optimal.

4.2 Pada Penyulang Tegalsari mengalami *Overload*

Pada scenario ke-2 penyulang tegalsari terjadinya kontingensi dengan memperbesar pembebanan pada penyulang Tegalsari sampai sistem mengalami overload.

Data Pembebanan ketika beban diperbesar terdapat pada tabel 4.6.
Tabel 4.6 data beban pada penyulang Tegalsari *Overload*

No Bus	Beban Per-Fasa	
	P (MW)	Q (MVAR)
2	0.4317	0.1092
3	0.4337	0.1048
4	0.4256	0.1058
5	0.402	0.1002
6	0.4099	0.1014
7	0.3256	0.1042
8	0.3134	0.1038
9	0.3217	0.1079
10	0.3062	0.1012
11	0.3108	0.1219
12	0.3236	0.1015
13	0.3218	0.1031
14	0.4096	0.1034
15	0.4297	0.1042
16	0.4211	0.1066
17	0.4333	0.1083

Lanjutan Tabel 4.6

No Bus	Beban Per-Fasa	
	P (MW)	Q (MVAR)
18	0.4012	0.1017
19	0.4524	0.1075
20	0.4095	0.1028

Dengan menggunakan data impedansi Tegalsari dan data pembebanan ketika diperbesar, maka hasil simulasi profil tegangan dan arus pada setiap bus sebagai berikut:

Tabel 4.7 Hasil tegangan dan arus setiap bus saat *overload*

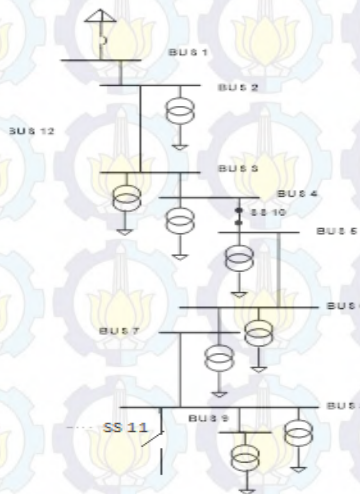
Bus	Tegangan		Dari Bus	Ke bus	Arus	
	Mag (kV)	Sudut			A	Sudut
1	20	0	1	2	401.39	-15.71
2	19.9411	-0.0314	2	3	379.06	-15.8
3	19.3712	0.1627	3	4	356.05	-15.96
4	19.2865	0.1187	4	5	333.33	-16.1
5	19.2496	0.0991	5	6	311.82	-16.25
6	19.1117	0.0284	6	7	289.75	-16.43
7	19.0712	0.0071	7	8	271.83	-16.35
8	18.9045	-0.0798	8	9	17.95	-18.62
9	18.9018	-0.0808	8	10	236.44	-16.02
10	18.763	-0.1576	10	11	17.81	-21.58
11	18.7488	-0.1611	10	12	201.56	-15.33
12	18.6954	-0.5727	12	13	183.44	-15.06
13	18.5633	-0.6568	13	14	165.27	-14.69
14	18.5483	-0.6668	14	15	142.5	-14.67
15	18.4486	-0.7332	15	16	118.53	-14.73
16	18.4371	-0.7407	16	17	94.97	-14.68
17	18.4194	-0.7526	17	18	70.72	-14.64
18	18.399	-0.7664	18	19	48.23	-14.48
19	18.3959	-0.7685	19	20	22.95	-14.86
20	18.3937	-0.77				

Dari hasil diatas di dapatkan hasil profil tegangan dan arus penyulang tegalsari akibat penambahan beban. pada bus 8 sampai bus 20 mengalami *undervoltage* yang tidak memenuhi standart tegangan $20 < \text{Tegangan} < 19$ atau ± 5 dan arus yang mengalir pada saluran melebihi batas arus nominal yaitu 400A. Dimana terjadi tegangan turun sekitar 7-8% dari kondisi tegangan normal, Sehingga diperlukan untuk memperbaiki profil tegangan agar sistem optimal, dengan menggunakan rekonfigurasi jaringan .

4.2.1 Rekonfigurasi jaringan menggunakan BIP.

Rekonfigurasi jaringan diggunakan untuk membuat konfigurasi baru dari topologi jaringan agar dapat memperbaiki profil tegangan setiap bus dan mengatasi masalah overload yang terjadi. Rekonfigurasi jaringan dibutuhkan Tie switch untuk menyambung satu bus ke bus line dan juga di butuhkan *sectional switch*. Dengan menggunakan metode Binary Integer programing didapatkan konfigurasi baru yang paling Optimal. Hasil rekonfigurasi dengan metode binary integer programming (BIP) terpilih kombinasi 2 yaitu SS 11 close, dan TS2 ON.

Pada gambar 4.1 *single line diagram* dari Tegal sari setelah Rekonfigurasi .



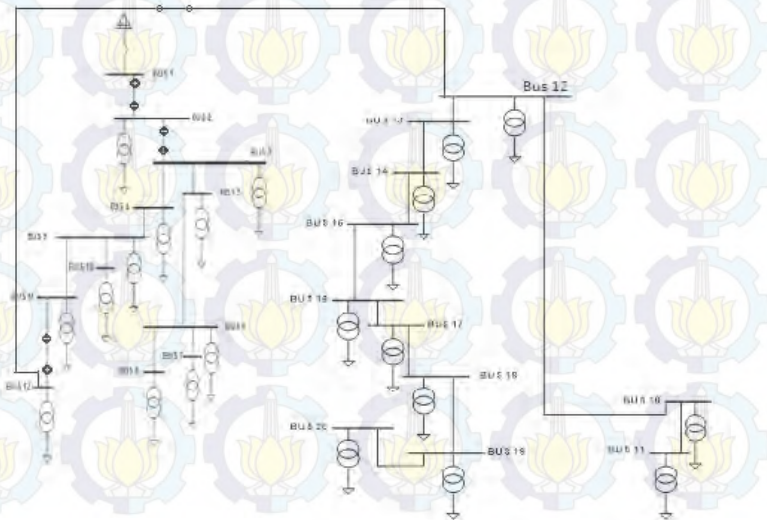
Gambar 4.1 *Single line Diagram* Tegalsari saat rekonfigurasi

Hasil running *loadflow* pada tabel 4.8 penyulang Tegalsari Setelah rekonfigurasi

Tabel 4.8 Hasil profil tegangan dan arus setiap bus Tegalsari

Bus	Tegangan		Dari Bus	Ke bus	Arus	
	Mag (kV)	Sudut			A	Sudut
1	20	0	1	2	160.81	-15.27
2	19.9764	-0.0131	2	3	138.53	-15.44
3	19.768	0.0528	3	4	115.97	-15.81
4	19.7404	0.0385	4	5	93.77	-16.26
5	19.73	0.0331	5	6	72.79	-16.92
6	19.6978	0.0181	6	7	51.4	-18.19
7	19.6906	0.0151	7	8	34.04	-18.43
8	19.6696	0.0069	8	9	17.25	-18.54
9	19.6671	0.0059				

Pada gambar 4.2 single line diagram dari Tunjungan setelah Rekonfigurasi.



Gambar 4.2 Single line diagram Tunjungan saat rekonfigurasi

Dari hasil tabel 4.8 didapatkan profil tegangan dan arus setelah rekonfigurasi pada penyulang tegalsari. Dimana sistem tersebut tidak mengalami overload dan tegangan memenuhi standart ± 5 , Maka sistem tersebut sudah optimal. Akan tetapi, akibat perpindahan beban dari penyulang tegal sari setelah rekonfigurasi ke penyulang tunjungan maka penyulang tunjungan akan menanggung beban dari tegalsari seperti pada gambar 4.2.

Dimana mengakibatkan data impedansi saluran dan data pembebanan bertambah seperti pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Data impedanasi saluran setelah rekonfigurasi

Bus Awal	Bus Akhir	Impedansi Saluran	
		Per-Fasa	
		R (ohm)	X (ohm)
1	2	0.265	0.13
2	3	0.265	0.13
3	4	0.265	0.13
3	5	0.265	0.13
5	6	0.265	0.13
6	7	0.265	0.13
4	8	0.265	0.13
4	9	0.53	0.26
9	10	0.265	0.13
9	11	0.265	0.13
11	12	0.265	0.13
12	13	1.550	1.73
13	14	0.66	0.32
14	15	0.083	0.41
15	16	0.643	0.31
16	17	0.089	0.04
17	18	0.171	0.08
18	19	0.026	0.13
19	20	0.06	0.02
20	21	0.089	0.04
13	22	0.150	0.73
22	23	0.717	0.352

Tabel 4.10 Data beban setelah rekonfigurasi

No Bus	Beban Per-Fasa	
	P (MW)	Q (MVAR)
2	0.2387	0.0322
3	0.254	0.07
4	0.0612	0.0178
5	0.1	0.025
6	0.024	0.0355
7	0.2099	0.0573
8	0.0393	0.0421
9	0.0601	0.013
10	0.2304	0.2062
11	0.0691	0.0171
12	0.2951	0.2339
13	0.3236	0.1015
14	0.3218	0.1031
15	0.4096	0.1034
16	0.4297	0.1042
17	0.4211	0.1066
18	0.4333	0.1083
19	0.4012	0.1017
20	0.4524	0.1075
21	0.4095	0.1028
22	0.3062	0.1012
23	0.3108	0.1219

Dengan menggunakan data impedansi di pada tabel 4.9 dan 4.10 dilakukan running *loadflow* untuk mengetahui hasil tegangan dan arus pada setiap saluran, bahwa sistem tersebut apakah sudah optimal atau belum. Hasil tersebut dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil profil tegangan dan arus pada saluran

Bus	Tegangan		Dari Bus	Ke bus	Arus	
	Mag (kV)	Sudut			A	Sudut
1	20	0	1	2	350.79	-18.86
2	19.8973	-0.0378	2	3	338.92	-19.25

Lanjutan Tabel 4.11

Bus	Tegangan		Dari Bus	Ke bus	Arus	
	Mag (kV)	Sudut			A	Sudut
1	20	0	1	2	350.79	-18.86
2	19.8973	-0.0378	2	3	338.92	-19.25
3	19.798	-0.0726	3	4	307.75	-19.4
4	19.7078	-0.1039	3	5	17.89	-19.51
5	19.7927	-0.0744	5	6	12.72	-21.72
6	19.789	-0.0753	6	7	11	-15.35
7	19.7858	-0.077	4	8	2.92	-47.07
8	19.707	-0.103	4	9	272.87	-19.48
9	19.5478	-0.1594	9	10	15.82	-41.98
10	19.5433	-0.1557	9	11	255.19	-18.21
11	19.4733	-0.1906	11	12	251.55	-18.27
12	19.3997	-0.2213	12	13	233.45	-16.61
13	18.9403	-1.0893	13	14	181.01	-15.58
14	18.81	-1.1712	14	15	163.08	-15.21
15	18.7952	-1.181	15	16	140.6	-15.18
16	18.6968	-1.2457	16	17	116.95	-15.24
17	18.6855	-1.2529	17	18	93.71	-15.19
18	18.6681	-1.2645	18	19	69.78	-15.15
19	18.6479	-1.2779	19	20	47.59	-14.99
20	18.6448	-1.28	20	21	22.65	-15.37
21	18.6426	-1.2814	13	22	34.68	-21.04
22	18.9267	-1.1566	22	23	17.65	-22.58
23	18.9127	-1.1602				

Dari hasil rekonfigurasi di atas untuk penyulang Tunjungan tegangan setiap bus belum memenuhi standart $20 < \text{Tegangan} < 19$. Karena adanya penambahan beban dari penyulang tegal sari mengakibatkan bus 13 sampai bus 23 mengalami *undervoltage*. Akan tetapi, arus yang mengalir pada setiap saluran dalam keadaan normal dibawah 400 A. pada sistem ini tidak mengalami overload tetapi sistem pada penyulang tunjungan mengalami *undervoltage* membuat sistem ini tidak optimal, maka diperlukan cara lain untuk mengatasi masalah perbaikan profil

tegangan tersebut dengan adanya pemasangan *distributed generation* (DG).

4.2.2 Pemasangan DG menggunakan Algoritma Genetika.

Cara lain untuk memperbaiki profil tegangan dengan memasang DG pada jaringan distribusi. Penyulang Tegalsari yang profil tegangannya masih belum memenuhi standart setelah rekonfigurasi, maka diperlukan pemasangan DG[1]. Pada proses pemasangan DG dengan menggunakan metode algoritma genetika , dilakukan evaluasi fungsi objektif untuk mendapatkan lokasi yang menghasilkan nilai fitness terbaik. Fungsi nilai fitness terbaik yang digunnakan yakni deviasi tegangan. Dimana fungsi objektif ini di gunnakan untuk memilih penempatan dan kapasitas DG yang terbaik.Pada tugas akhir ini Untuk kapasitas DG hanya mengeluarkan daya aktif. Dimana diggunakan data impedansi saluran dan pembebanan pada penyulang tunjungan yang sesudah rekonfigurasi.

Hasil simulasi pemasangan DG didapatkan menggunakan metode algoritma genetika :

Tabel 4.12 Lokasi Penempatan lokasi DG dan kapasitas DG

Lokasi DG	Kapasitas DG
21	0.72 MW
19	0.96 MW

Dari penggunaan DG untuk memperbaiki profil tegangan pada setiap bus digunakan 2 DG yaitu pada bus 21 dan 19 . Dimana ditentukan kapasitasnya DG dilihat 32% dari total bebannya. Sesuai dengan refrensi [1].

Berikut ini adalah hasil profil tegangan bus setelah dipasang DG pada sistem penyulang Tunjungan:

Tabel 4.13 Hasil Profil Tegangan saat pemasangan DG

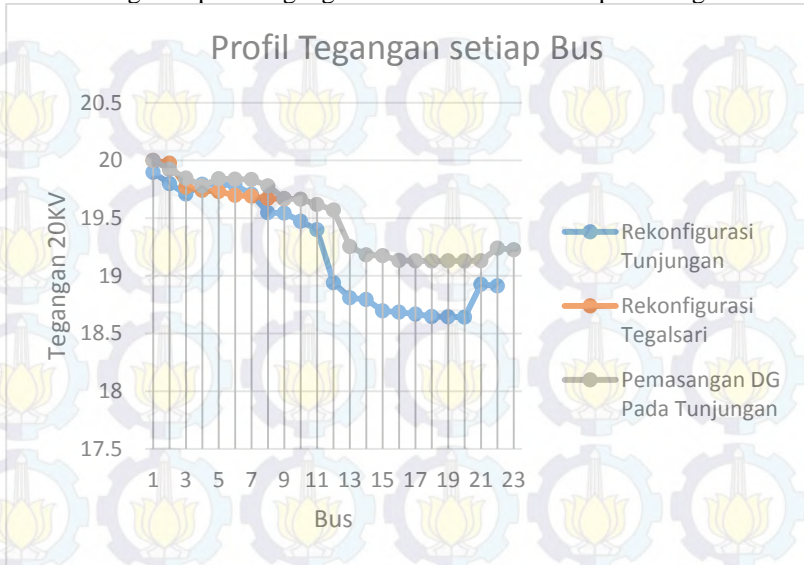
Bus	Tegangan	Dari Bus	Ke bus	Arus
	Mag (kV)			
1	20	1	2	265.82
2	19.9216	2	3	254.24
3	19.8466	3	4	223.39

Lanjutan Tabel 4.13

Bus	Tegangan	Dari Bus	Ke bus	Arus
	Mag (kV)			
4	19.7806	3	5	17.85
5	19.8413	5	6	12.69
6	19.8376	6	7	10.97
7	19.8344	4	8	2.91
8	19.7798	4	9	188.94
9	19.6691	9	10	15.72
10	19.6646	9	11	170.75
11	19.6187	11	12	167.21
12	19.5694	12	13	148.46
13	19.2534	13	14	97.05
14	19.1821	14	15	79.7
15	19.1747	15	16	58.64
16	19.1331	16	17	37.9
17	19.1296	17	18	22.34
18	19.1271	18	19	24.78
19	19.1299	19	20	13.26
20	19.1292	20	21	17.1
21	19.1304	13	22	34.11
22	19.2401	22	23	17.36
23	19.2262			

Dari hasil simulasi pemasangan *distributed generatio* (DG). Parameter utama yang diamati hanya profil tegangan. Dimana pada profil tegangan sebelumnya terjadi drop tegangan sebesar 18.6426 kV. Setelah pemasangan DG mengalami kenaikan profil tegangan sebesar 2.5% dari tegangan sebelumnya, Maka pada setiap bus didapatkan tegangan terkecil terdapat pada bus 18 yakni 19.1271kV. dengan melihat fungsi objektif yaitu deviasi tegangan, dibuktikan tidak terjadinya *over voltage*. Karena dengan nilai batasan deviasi maksimum yaitu 0. Dari hasil simulasi akibat kontingensi dengan terjadinya penambahan beban sampai sistem overload, Cara mengatasinya dapat dilakukan dengan rekonfigurasi jaringan dan penentuan lokasi DG yang optimal agar dapat menyelesaikan masalah tersebut. Hasil perbandingan profil tegangan saat terjadinya overload setelah melakukan rekonfigurasi dan pemasangan DG dapat dilihat pada gambar 4.3.

Berikut ini grafik profil tegangan sebelum dan sesudah pemasangan DG:

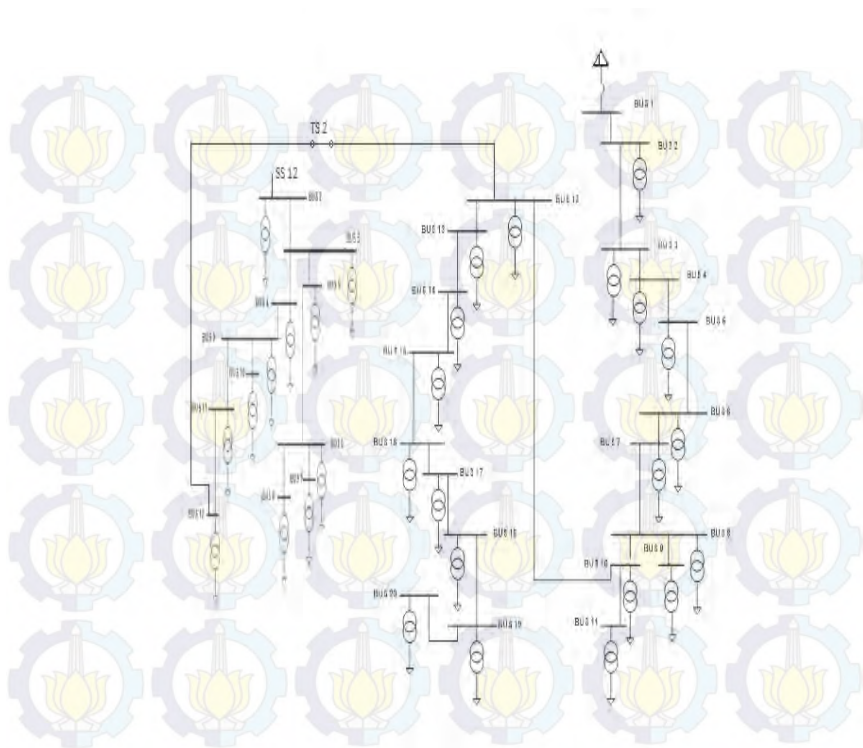


Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Profil Tegangan

4.3 Penyulang Tunjungan mengalami trip

Pada penyulang tunjungan terjadi kontingensi yaitu penyulang tunjungan mengalami trip, sehingga semua beban pada penyulang tunjungan terjadi pemadaman daya listrik. Maka beban pada penyulang tunjungan harus dialihkan ke penyulang lain agar kontinyuitas penyaluran daya listrik tetap terjaga, sehingga diperlukan rekonfigurasi jaringan agar permasalahan penyulang tunjungan trip dapat teratasi.

Cara mengatasi masalah tersebut dilakukan rekonfigurasi jaringan dengan metode binary integer programming. Dimana dengan cara ini penyulang pada tunjungan dapat teratasi. rekonfigurasi jaringan dilakukan untuk merubah topologi konfigurasi dengan mengubah status *tie switch* dan *sectional switch* menjadi ON atau OFF. Setelah program rekonfigurasi dijalankan dengan metode BIP maka terpilih kombinasi 1 yakni TS 2 ON dan SS 12 OFF sehingga beban pada penyulang tunjungan ditanggung oleh penyulang tegalsari. Maka *single line diagram* saat rekonfigurasi dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 *Single line diagram* rekonfigurasi Tunjungan dengan Tegalsari.

Dimana data saluran dan data beban setelah rekonfigurasi pada penyulang tegalsari bertambah. Adapun data saluran pada tabel 4.13 dan data bebanan terdapat pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 data impedansi setelah rekonfigurasi.

Bus Awal	Bus Akhir	Impedansi Saluran	
		Per-Fasa	
		R (ohm)	X (ohm)
1	2	0.134	0.066
2	3	1.494	0.242
3	4	0.217	0.106
4	5	0.101	0.05

Lanjutan Tabel 4.14

Bus Awal	Bus Akhir	Impedansi Saluran	
		Per-Fasa	
		R (ohm)	X (ohm)
5	6	0.403	0.197
6	7	0.127	0.063
7	8	0.559	0.274
8	9	0.133	0.065
8	10	0.546	0.268
10	11	0.717	0.352
10	12	1.502	0.737
12	13	0.66	0.324
13	14	0.083	0.041
14	15	0.643	0.315
15	16	0.089	0.043
16	17	0.171	0.084
17	18	0.265	0.13
18	19	0.06	0.029
19	20	0.089	0.044
14	21	0.265	0.13
21	22	0.265	0.13
22	23	0.265	0.13
23	24	0.265	0.13
23	25	0.265	0.13
25	26	0.265	0.13
26	31	0.265	0.13
26	27	0.265	0.13
27	28	0.265	0.13
28	29	0.265	0.13
28	30	0.53	0.26

Tabel 4.15 Data beban setelah rekonfigurasi.

No Bus	Beban Per-Fasa	
	P (MW)	Q (MVAR)
2	0.0317	0.0092
3	0.0337	0.0048
4	0.0256	0.0058

Lanjutan Tabel 4.15

No Bus	Beban Per-Fasa	
	P (MW)	Q (MVAR)
5	0.002	0.0002
6	0.0099	0.0014
7	0.0256	0.0042
8	0.0134	0.0038
9	0.0217	0.0079
10	0.0062	0.0012
11	0.108	0.0219
12	0.0236	0.0015
13	0.0218	0.0031
14	0.0096	0.0034
15	0.0297	0.0042
16	0.0211	0.0066
17	0.0333	0.0083
18	0.0012	0.0017
19	0.0524	0.0075
20	0.0095	0.0028
21	0.2951	0.2339
22	0.0691	0.0171
23	0.601	0.13
24	0.2304	0.2062
25	0.0612	0.0178
26	0.254	0.07
27	0.1	0.025
28	0.524	0.355
29	0.2099	0.0573
30	0.0393	0.0421
31	0.2387	0.0322

Pada data tabel 14 dan tabel 15 digunakan untuk data saluran dan data beban yang digunakan simulasi pada running *loadflow* di *matlab* agar dapat mengetahui tegangan pada setiap bus dan arus pada saluran.

Tabel 4.16 Hasil profil tegangan dan arus setelah rekonfigurasi.

Bus	Tegangan		Dari Bus	Ke bus	Arus	
	Mag (KV)	Sudut			A	Sudut
1	20	0	1	2	180.77	-22.89
2	19.973	-0.0045	2	3	179.13	-22.95
3	19.7098	0.1827	3	4	177.47	-23.09
4	19.667	0.1767	4	5	176.15	-23.17
5	19.6472	0.1737	5	6	176.06	-23.18
6	19.5683	0.1628	6	7	175.56	-23.23
7	19.5434	0.159	7	8	174.28	-23.33
8	19.435	0.1444	8	9	1.19	-19.86
9	19.4349	0.1443	8	10	172.38	-23.39
10	19.3303	0.1302	10	11	5.7	-11.34
11	19.3259	0.1268	10	12	166.49	-23.82
12	19.052	0.0983	12	13	165.33	-23.97
13	18.9305	0.0849	13	14	164.21	-24.08
14	18.9153	0.0832	14	15	7.96	-11.85
15	18.9098	0.079	15	16	6.38	-12.82
16	18.9092	0.0786	16	17	5.21	-11.81
17	18.9082	0.0778	17	18	3.4	-10.69
18	18.9072	0.077	18	19	3.32	-9.37
19	18.907	0.0768	19	20	0.52	-16.35
20	18.907	0.0768	14	21	155.9	-24.72
21	18.5829	-0.3622	21	22	136.33	-22.65
22	18.5427	-0.3705	22	23	132.54	-22.89
23	18.5037	-0.3782	23	24	16.71	-42.2
24	18.4989	-0.374	23	25	84.07	-23.18
25	18.4541	-0.3871	25	26	80.64	-23.46
26	18.4304	-0.3911	26	27	54.14	-29.15
27	18.4144	-0.3888	27	28	48.74	-30.83
28	18.4001	-0.3854	28	29	11.83	-15.66
29	18.3966	-0.3875	28	30	3.13	-47.35
30	18.3992	-0.3844	26	31	13	-8.41
31	18.4267	-0.3948				

Dari hasil simulasi di atas setelah rekonfigurasi akibat penyulang pada tunjangan trip pada bus 13 sampai 31 masih belum optimal. karena profil tegangan belum sesuai standar $20 < \text{Tegangan} < 19$ atau ± 5 akan tetapi arus pada saluran masih normal tidak melebihi 400A. Maka cara lain untuk memperbaiki profil tegangan dengan melakukan pemasangan DG agar profil tegangan dapat optimal sesuai standar $\pm 5\%$.

4.3.1 Pemasangan DG menggunakan Algoritma Genetika.

Simulasi selanjutnya digunakan pemasangan DG karena setelah rekonfigurasi masih terjadi *Undervoltage*. Maka untuk memperbaiki profil tegangan dibutuhkan penentuan lokasi DG dan kapasitas yang optimal dengan menggunakan metode algoritma genetika. Berikut ini adalah hasil simulasi penentuan lokasi DG dan kapasitas DG pada sistem distribusi penyulang tegalsari.

Tabel 4.17 Hasil simulasi penempatan lokasi dan kapasitas DG

Lokasi DG	Kapasitas DG
27	0.8 MW
28	0.8 MW

Tabel 4.18 Hasil Simulasi Profil tegangan

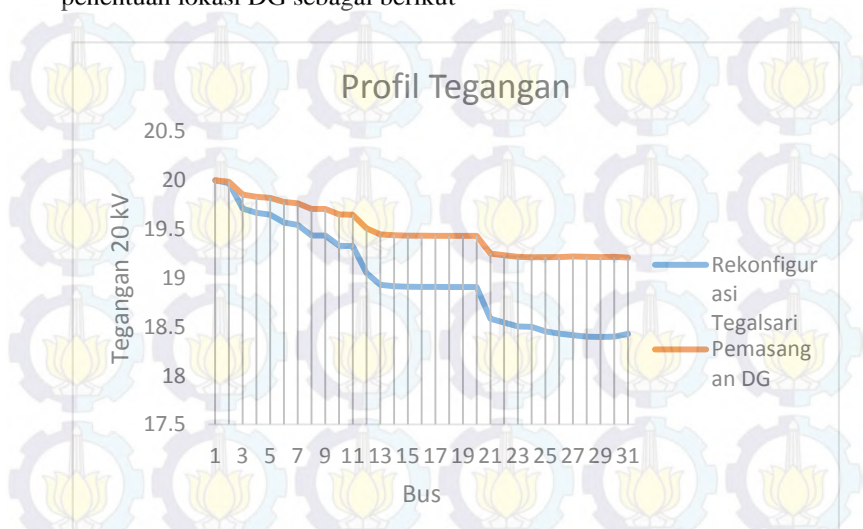
Bus	Tegangan	Dari Bus	Ke bus	Arus
	Mag (kV)			
1	20	1	2	142.71
2	19.9787	2	3	141.09
3	19.9012	3	4	139.49
4	19.8675	4	5	138.22
5	19.8519	5	6	138.13
6	19.7901	6	7	137.66
7	19.7706	7	8	136.42
8	19.6858	8	9	1.17
9	19.6856	8	10	134.58
10	19.604	10	11	5.62
11	19.5997	10	12	128.93
12	19.5396	12	13	127.85
13	19.4459	13	14	126.8
14	19.4342	14	15	7.74
15	19.4288	15	16	6.2
16	19.4282	16	17	5.07

Tabel Lanjutan 4.18

Bus	Tegangan	Dari Bus	Ke bus	Arus
	Mag (kV)			
17	19.4273	17	18	3.31
18	19.4263	18	19	3.23
19	19.4261	19	20	0.51
20	19.4261	14	21	118.97
21	19.2094	21	22	99.5
22	19.1801	22	23	95.99
23	19.1519	23	24	16.15
24	19.1473	23	25	50.18
25	19.1374	25	26	47.11
26	19.1239	26	27	33.47
27	19.1148	27	28	29.19
28	19.1072	28	29	12.92
29	19.1102	28	30	3.01
30	19.1056	26	31	12.6
31	19.1204			

Dari data hasil simulasi pada tabel 4.14 setelah melakukan pemasangan DG pada lokasi bus 27 dan 28 dengan kapasitas daya aktif sebesar 0.8 MW profil tegangan pada bus 13 sampai 31 sudah memenuhi standar $20 < \text{Tegangan} < 19$ dan mengalami kenaikan 3.7% dari tegangan sebelumnya. Dimana Sebelum melakukan pemasangan DG tegangan terkecil pada bus 29 yakni 18.39kV sudah dapat diperbaiki menjadi 19.1102. pada tugas akhir ini daya yang dihasilkan DG hanya daya nyata.

Adapun perbandingan profil tegangan saat rekonfigurasi dan penentuan lokasi DG sebagai berikut



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Tegangan Penyulang

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan analisa, maka ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada skenario ke-2, pada penyulang tegalsari mengalami *overload* sehingga arus pada saluran bus 1 ke 2 melebihi standar yang ditentukan yakni 400A dengan luas penampang kabel 240mm^2 dan tegangan mengalami *undervoltage*. Sehingga perlunya adanya rekonfigurasi agar masalah overload teratasi. setelah rekonfigurasi masalah overload sudah teratasi, pada penyulang tegalsari sudah optimal. Akan tetapi hasil dari rekonfigurasi pada penyulang tunjungan masih mengalami *undervoltage* pada bus 13 sampai 23 yakni tegangan yang paling kecil pada bus 21 sebesar 18.6426kV.
2. Dari hasil rekonfigurasi penyulang tegalsari pada skenario ke-2 perlunya ada pemasangan DG agar masalah *undervoltage* dapat teratasi. dilakukan penambahan 2 DG pada lokasi 21 dan 19 dengan kapasitas 0.72MW dan 0.96MW, maka menghasilkan tegangan pada bus 13 sampai 23 mengalami kenaikan tegangan sebesar 2.5% dimana pada bus 21 sebelumnya 18.642 kV menjadi 19.1304 kV akibat Pemasangan DG.
3. Pada skenario ke-3, pada penyulang tunjungan mengalami Trip.maka semua beban harus di suplai agar kontinuitas daya tetap terjaga. Dengan melakukan rekonfigurasi didapatkan rekonfigurasi paling optimal yaitu pada penyulang Tegalsari. Akan tetapi dari hasil rekonfigurasi masih terjadi *undervoltage* pada bus 26 sampai 31 masih belum sesuai standart $\pm 5\%$. Pada tegangan terkecil terjadi pada bus 29 yakni 18.9525 kV.
4. Pada skenario ke-3 setelah rekonfigurasi perlu adanya pemasangan DG agar profil tegangan sesuai standart $\pm 5\%$. Dengan menentukan lokasi DG pada bus 27 dan 28 dengan kapasitas 0.8 MW. Setelah program dijalankan profil tegangan pada setiap bus mengalami kenaikan tegangan 3.7% % dimana sebelumnya pada bus 29 tegangannya 18.39kV menjadi 19.1102kV.

5.2 Saran

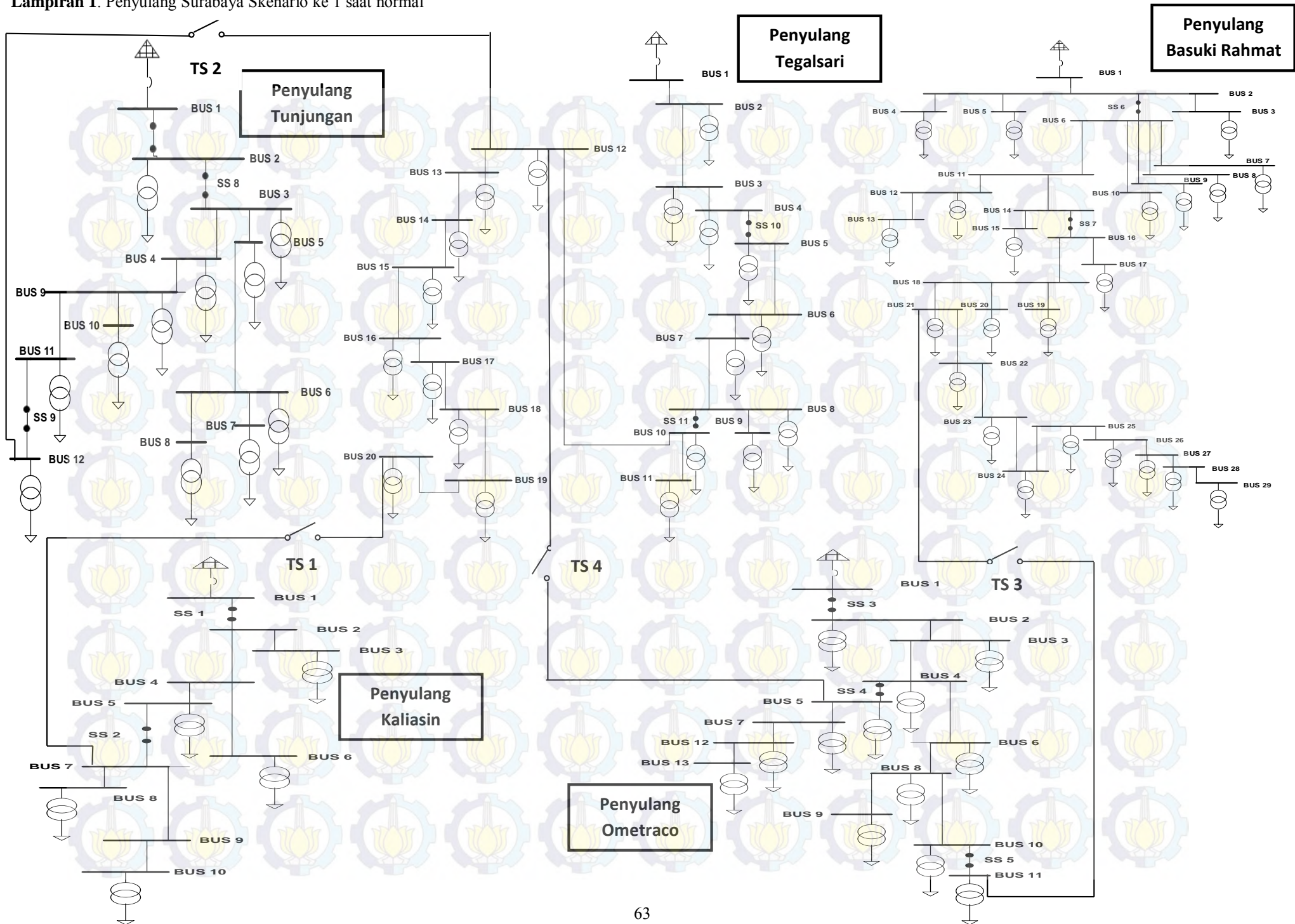
Saran yang dapat diberikan untuk perbaikan dan pengembangan tugas akhir kedepan adalah sebagai berikut :

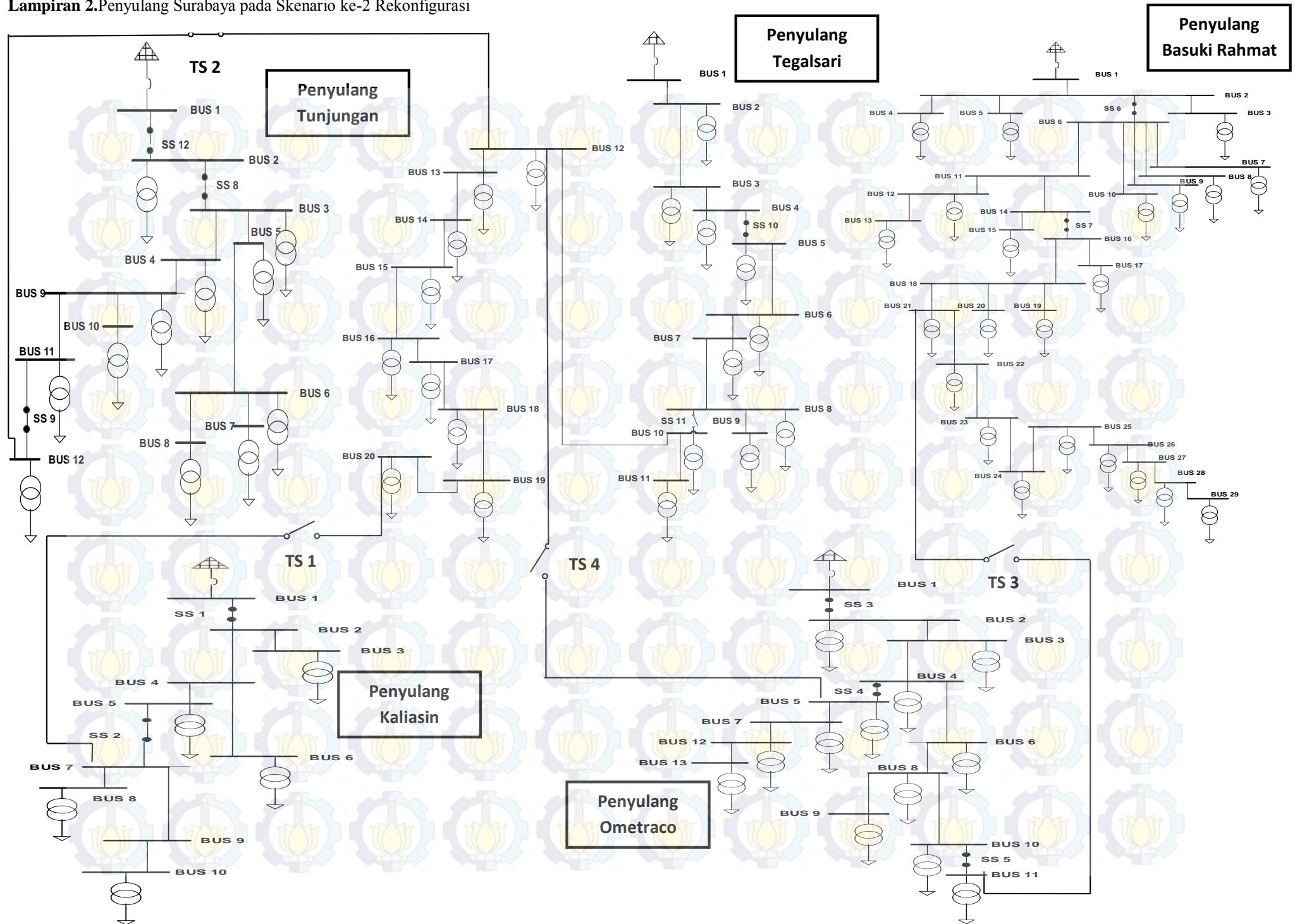
1. Perlu Pengembangan program pada metode genetika algoritma agar bisa digunakan untuk jaringan tiga fasa tidak seimbang.
2. Memodelan betuk DG yang digunakan seperti PV dan *Wind Turbine* untuk pemasangan lokasi DG.
3. Penelitiann selanjutnya pada kasus akibat kontingensi tidak hanya melakukan 2 cara yaitu rekonfigurasi dan penambahan DG dalam mengatasinya. Tetapi mungkin bisa dengan 3 cara yaitu rekonfigurasi, penambahan DG, dan penambahan kapasitor juga dapat dikembangkan dalam mengatasi akibat kontingensi

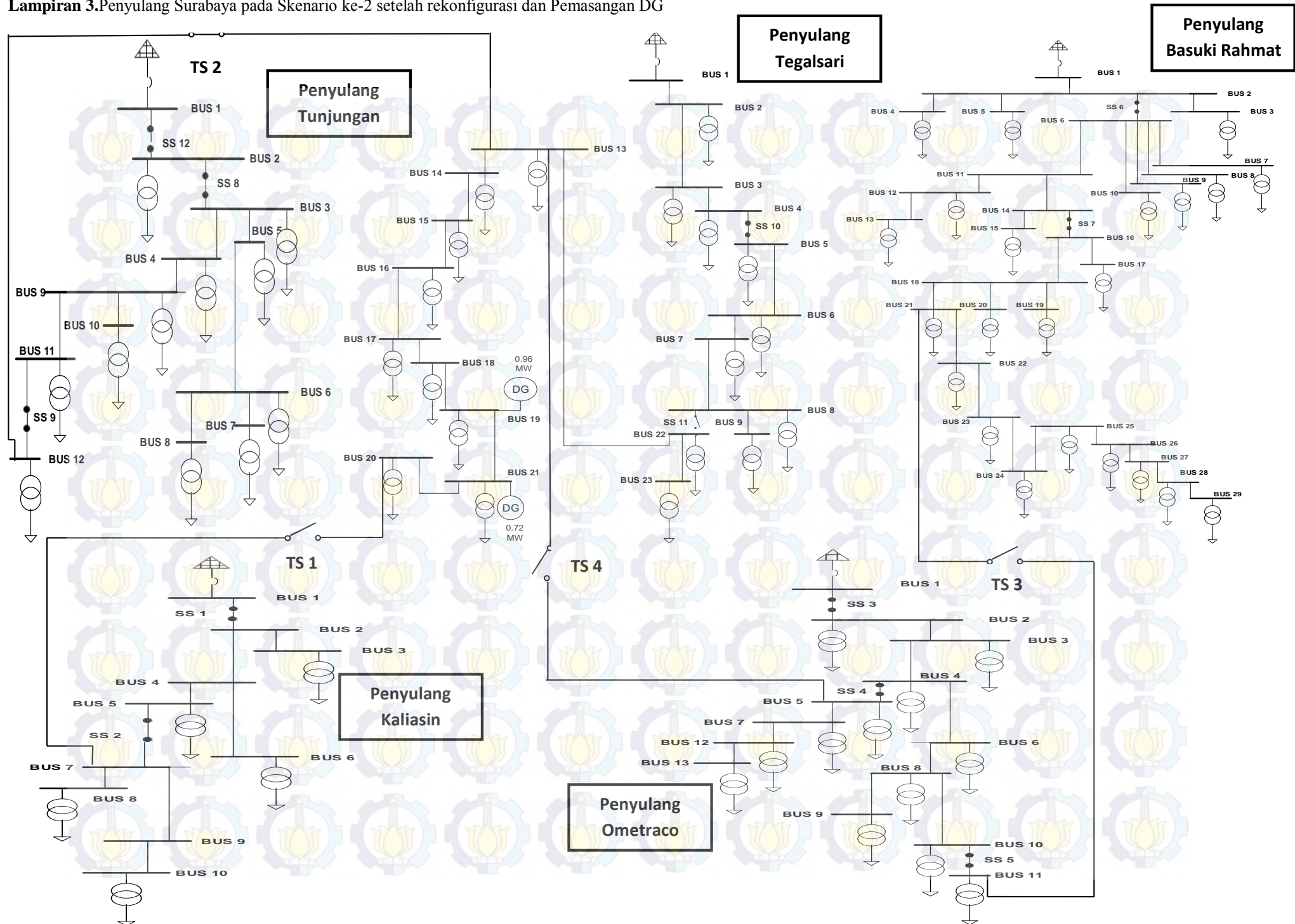
DAFTAR PUSTAKA

- [1] Minnan Wang, Jin Zhong. *A Novel Method for Distributed Generation and Capacitor Optimal Placement Considering Voltage Profiles*, IEEE journal, 2011
- [2] Chen, C.S, Lin, C.H, Wu,C.J, and Kang M.S,”*Feeder Reconfiguration for Distribution System Contingencies by Object Oriented Programming*”.IEEE, 2000
- [3] A.Mohapatra,S.Behera, Snayak, B.K. Panigrahi” A Study On DG and Capacitor Placament in Radial Distribution System” IEEE 2012.
- [4] Seyed Abbas Taher, Mohammad Hossein Karimi, “Optimal reconfiguration and DG allocation in balanced and unbalanced distribution systems”, ELSEVIER-ASEJ Ain Shams Engineering Journal (2014) 5, 735–749.
- [5] Prasetyo, Edwin Rozzaq “ Rekonfigurasi Peyulang Akibat Kontingensi Pada jaringan Distribusi Dengan Metode *Binary Integer Programming*”Tugas Akhir Teknik Elektro ITS 2014
- [6] Nefanda,Gama Dwi, “Minimisasi Deviasi Tegangan Menggunakan GA(*Genetic Algorithm*) sehingga diperoleh lokasi DG(*Distributed Generation*) dan kapasitor yang optimal pada jaringan distribusi radial tiga fasa””, Tugas Akhir Teknik Elektro ITS 2015.
- [7] Basuki, Achmad, “Algoritma Genetika”, PENS-ITS, Surabaya, 2003
- [8] Priambodo, Muhammad Bagus “ Optimasi Rekonfigurasi Jaringan dan Penentuan Lokasi *Distributed Generation* (DG) Menggunakan Metode *Genetic Algorithm* untuk Meminimalkan Deviasi Tegangan pada jaringan Distribusi Radial” Tugas Akhir Teknik Elektro ITS 2015.

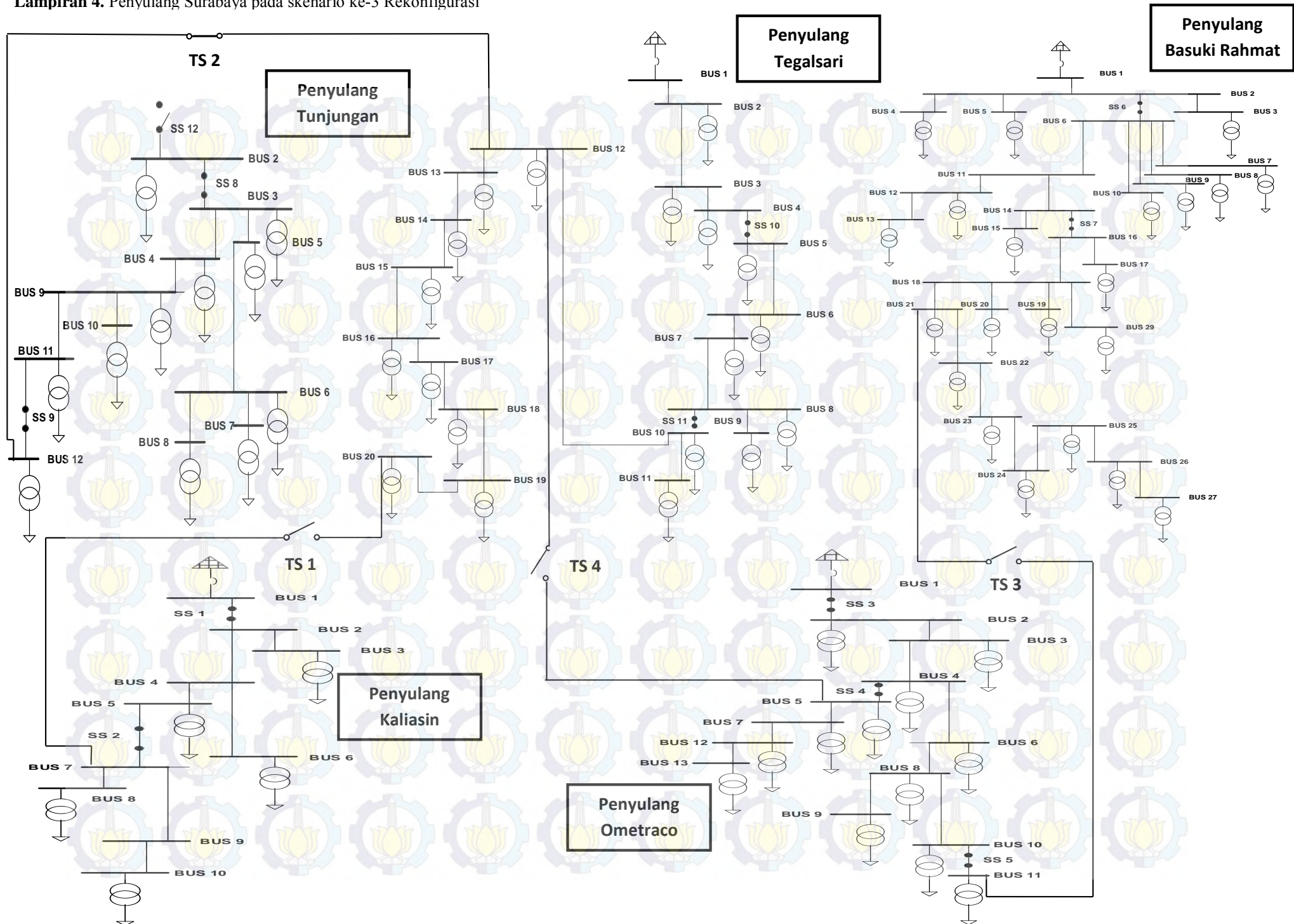




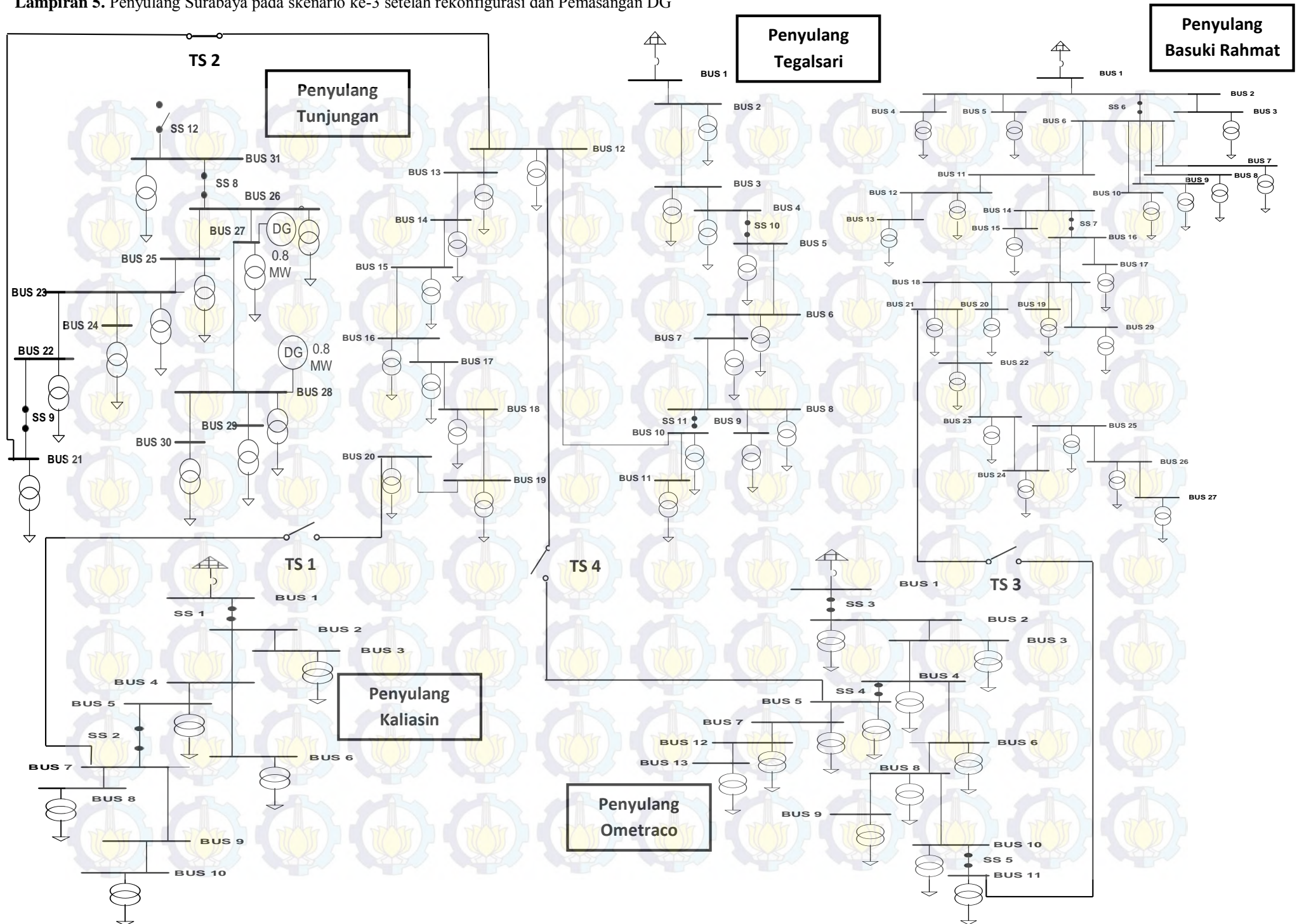




Lampiran 4. Penyulang Surabaya pada skenario ke-3 Rekonfigurasi



Lampiran 5. Penyulang Surabaya pada skenario ke-3 setelah rekonfigurasi dan Pemasangan DG



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Muhammad Taufik Akbar, lahir di Bekasi pada tanggal 04 April 1992, penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SDN Jatimekar VII Bekasi pada tahun 2004, menyelesaikan sekolah menengah pertama di SMPN Tulus Bhakti Bekasi pada tahun 2007, selanjutnya melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas dan menyelesaikannya pada tahun 2010 yaitu di SMA HUTAMA Bekasi, dan mengambil program diploma di Politeknik Negeri Jakarta (PNJ) program studi elektronika dan selesai pada tahun 2013, selanjutnya melanjutkan program Strata satu di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Jurusan Teknik Elektro bidang studi Teknik Sistem Tenaga.